

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y ESTABILIDAD DE  
LABORES EN EL PROYECTO SAN GABRIEL CIA DE  
MINAS BUENAVENTURA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. GILMER JESUS NINA CONDORI**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO, PERU**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y ESTABILIDAD DE LABORES EN EL PROYECTO SAN GABRIEL CIA DE MINAS BUENAVENTURA”

PRESENTADA POR:

Bach. GILMER JESUS NINA CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

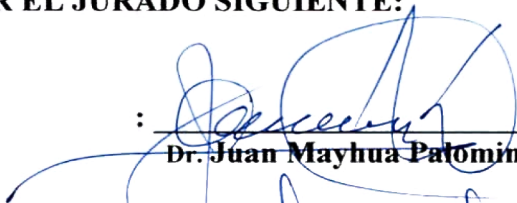
INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28-12-2017

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

:

  
Dr. Juan Mayhua Patomino

PRIMER MIEMBRO

:

  
Ing. Esteban Aquino Alanoca

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
Ing. Lucio Raúl Mamani Barraza

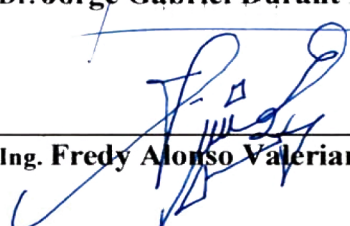
DIRECTOR

:

  
Dr. Jorge Gabriel Durant Broden

ASESOR

:

  
Ing. Fredy Alonso Valeriano Nina

ÁREA: Ingeniería de Minas

TEMA: Geomecanica y estabilidad de labores

## DEDICATORIA

A Dios, Con todo mi amor y cariño a mis:

Padres: Angel y Epifania y a mis hermanos; por el esfuerzo y constante sacrificio, que me apoyaron incondicionalmente en mi desarrollo personal y profesional.

Con todo mi aprecio.  
Nina Condori, Gilmer Jesus

## AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por guiar mis pasos diariamente, permitiéndome aprender de mis errores con entereza y aplomo; a mis padres Ángel Nina Mamani y Epifanía Condori; que con su amor, perseverancia y comprensión apoyaron a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones; a mis hermanos Vicky, Roger, David, Beatriz, Marleny, a mis hermanos menores por su amor y amistad.

Agradecer a todas las personas que me apoyaron en esta tesis con sus ideas y comentarios, gracias al Ing. Fredy Alonso Valeriano Nina., al Dr. Juan Mayhua Palomino, al Ing. Lucio R. Mamani Barraza y a todos mis profesores, que sin su ayuda no hubiese sido posible el desarrollo correcto de esta tesis. No puedo dejar de mencionar a la Universidad Nacional del Altiplano-Puno

Agradecer de manera especial a mi novia Yolanda Rita M. V. quien con su amor, consejos y grata amistad permitieron expandir mis horizontes personales.

**INDICE GENERAL**

AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ACRÓNIMOS .....	xiv
RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16

**CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	17
1.2. Formulación del problema .....	18
1.2.1. Pregunta general.....	19
1.2.2. Preguntas específicas .....	19
1.3. Objetivos de la investigación .....	19
1.3.1. Objetivo general .....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Justificación de la investigación .....	19
1.5. Limitaciones del estudio .....	20

**CAPÍTULO II****REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.2. Marco teórico .....	22
2.2.1. Mecánica de rocas y geomecánica .....	22
2.2.2. Zonificación geomecánica del macizo rocoso .....	23
2.2.3. Caracterización geomecánica.....	23
2.2.3.1. Mapeo superficial de estructuras expuestas .....	24
2.2.3.2. Familias de discontinuidades y orientación de las estructuras.....	25
2.2.3.3. Espaciamiento de las estructuras.....	26
2.2.3.4. Persistencia o continuidad de las estructuras .....	27
2.2.3.5. Rugosidad de las estructuras .....	29
2.2.3.6. Apertura de las estructuras .....	30

2.2.3.7.	Relleno en las discontinuidades .....	31
2.2.3.8.	Agua subterránea.....	32
2.2.3.9.	Resistencia de las paredes de las discontinuidades .....	33
2.2.4.	Caracterización Geomecánica.....	34
2.2.4.1.	Conocimiento del terreno en minería.....	34
2.2.4.2.	Caracterización del macizo rocoso.....	35
2.2.5.	Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	36
2.2.5.1.	Índice de designación de la calidad de la roca (RQD) .....	36
2.2.5.2.	Sistema de clasificación RMR .....	37
2.2.5.3.	Índice Q.....	38
2.2.5.4.	Método del índice GSI .....	41
2.2.6.	Criterio de rotura de Barton (juntas) .....	43
2.2.7.	Criterio de rotura de Hoek-Brown (macizo rocoso) .....	43
2.2.8.	Estabilidad de macizo rocoso.....	44
2.2.8.1.	Fallas estructurales en macizos rocosos.....	44
2.2.8.2.	Esfuerzos alrededor de las excavaciones subterráneas .....	44
2.2.9.	Método de Sostenimiento en Minería Subterránea .....	45
2.2.9.1.	Diseño de Sostenimiento.....	45
2.2.9.2.	Métodos Analíticos .....	45
2.2.9.3.	Métodos observacionales .....	46
2.2.9.4.	Métodos empíricos .....	47
2.2.10.	Tipos de Sostenimiento .....	47
2.2.10.1.	Pernos de Roca.....	47
2.2.10.2.	Malla metálica.....	49
2.3.	Marco conceptual .....	50
2.3.1.	Macizo rocoso .....	50
2.3.2.	Matriz rocosa.....	50
2.3.3.	Discontinuidad .....	50
2.3.4.	Orientación.....	51
1.3.5.	Meteorización.....	51
2.3.6.	Alteración.....	51
2.3.7.	Factor de seguridad .....	52
2.4.	Hipótesis de la investigación.....	52
2.4.1.	Hipótesis general.....	52

2.4.2.	Hipótesis específicas .....	52
--------	-----------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Ubicación Geográfica.....	53
3.1.1.	Ubicación .....	53
3.1.2.	Accesibilidad.....	54
3.2.	Aspectos físicos.....	55
3.2.1.	Fisiografía y Geomorfología .....	55
3.2.1.1.	Fisiografía .....	55
3.2.1.2.	Geomorfología .....	55
3.3.	Clima meteorología.....	56
3.3.1.	Clima .....	56
3.3.2.	Precipitación.....	57
3.4.	Geología .....	58
3.4.1.	Geología regional .....	58
3.4.2.	Geología local .....	59
3.4.2.1.	Características estructurales .....	59
3.4.3.	Alteración y mineralización .....	60
3.5.	Diseño metodológico. ....	61
3.5.1.	Metodología de las investigaciones .....	61
3.5.2.	Población.....	62
3.5.3.	Muestra.....	62
3.6.	VARIABLES .....	63
3.6.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES .....	63
3.6.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	64
3.7.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	64
3.7.1.	Investigaciones de campo .....	64
3.7.2.	Ensayos de laboratorio .....	65
3.8.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	65

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Caracterización de roca intacta .....	66
4.1.1.	Propiedades Físicas .....	66
4.1.2.	Resistencia de la roca intacta .....	67

4.1.2.1.	Índice de carga puntual.....	67
4.1.2.2.	Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.....	68
4.1.2.3.	Resistencia a la tracción.....	69
4.1.2.4.	Resistencia a la compresión triaxial.....	69
4.2.	Caracterización geomecánica del macizo rocoso.....	70
4.2.1.	Fallas.....	71
4.2.2.	Discontinuidades.....	71
4.3.	Índice RQD (Rock Quality Designation).....	72
4.3.1.	Espaciamiento de las estructuras.....	73
4.3.2.	Continuidad o persistencia.....	74
4.3.3.	Rugosidad.....	74
4.3.4.	Apertura de las estructuras.....	75
4.3.5.	Relleno.....	76
4.3.6.	Agua en discontinuidades.....	76
4.3.7.	Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	77
4.3.8.	Parámetros de resistencia del macizo rocoso.....	80
4.4.	Esfuerzos in-situ.....	82
4.5.	Características geométricas de las excavaciones.....	84
4.5.1.	Rampa San Gabriel.....	84
4.5.2.	Cortadas.....	84
4.5.3.	Cámaras de perforación diamantina.....	84
4.6.	Evaluación de la estabilidad.....	84
4.6.1.	Evaluación de las aberturas típicas.....	84
4.6.2.	Tiempo de autosostenimiento.....	86
4.6.3.	Sostenimiento típico.....	88
4.6.4.	Análisis esfuerzo-deformación.....	89
4.6.5.	Factor de resistencia (Strength factor).....	90
4.7.	Discusión.....	91
	CONCLUSIONES.....	92
	RECOMENDACIONES.....	93
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
	ANEXOS.....	97



**INDICE DE TABLAS**

Tabla 2. 1 Descripción del espaciamiento de las estructuras.....	27
Tabla 2. 2 Descripción de la persistencia de las estructuras .....	28
Tabla 2. 3 Descripción de la apertura de las estructuras.....	31
Tabla 2. 4 Descripción de la condición de humedad de las estructuras.....	33
Tabla 2. 5 Estimación en campo de la resistencia de la roca mediante un martillo de geólogo y una navaja .....	34
Tabla 2. 6 Calidad de la roca en función de RQD. ....	37
Tabla 2. 7 Clases de macizos rocosos según el índice RMR.....	38
Tabla 2. 8 Tipos de macizos rocosos según Barton .....	39
Tabla 2. 9 Tipos de Macizo según GSI.....	43

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. 1 Distancia aproximada del proyecto y diferentes centros poblados .....	54
Cuadro 4. 1 Resultados de Propiedades Físicas de Muestras de roca.....	67
Cuadro 4. 2 Resultados de Propiedades Físicas de Muestras de roca.....	67
Cuadro 4. 3 Resumen de valores $I_{s50}$ de los ensayos de carga puntual .....	68
Cuadro 4. 4 Resumen de resultados obtenidos de resistencia a la compresión uniaxial	68
Cuadro 4. 5 Resumen de resistencia a la tracción.....	69
Cuadro 4. 6 Resumen de valores de confinamiento y resistencia a la compresión en un ensayo de compresión triaxial.....	70
Cuadro 4. 7 Valores obtenidos de un ensayo de compresión triaxial .....	70
Cuadro 4. 8 Datos de ingreso en el software RocData para el cálculo de resistencia del macizo rocoso por el criterio generalizado de Hoek – Brown – Diederichs. .....	81
Cuadro 4. 9 Resumen de datos del cálculo de resistencia del macizo rocoso por el criterio generalizado de Hoek – Brown – Diederichs. ....	82
Cuadro 4. 10 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel .....	85
Cuadro 4. 11 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel .....	86
Cuadro 4. 12 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel .....	86
Cuadro 4. 13 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel .....	87
Cuadro 4. 14 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel .....	87
Cuadro 4. 15 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel .....	88
Cuadro 4. 16 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel .....	88
Cuadro 4. 17 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel .....	89
Cuadro 4. 18 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel .....	89

Cuadro 4. 19 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel .....	90
Cuadro 4. 20 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel .....	90
Cuadro 4. 21 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel .....	91

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Esquema ilustrativo de los parámetros que describen las estructuras presentes en el macizo rocoso.....	24
Figura 2. 2 Medida de la orientación de discontinuidades. ....	26
Figura 2. 3 El espaciado de las juntas en una falla de tipo normal.....	26
Figura 2. 4 La continuidad o persistencia de la junta, que abarca más de 5 metros, todo el afloramiento Visible.....	28
Figura 2. 5 Caracterización de la rugosidad de las estructuras según las recomendaciones de la ISRM. ....	30
Figura 2. 6 Apertura de las discontinuidades.....	31
Figura 2. 7 Relleno de discontinuidades .....	32
Figura 2. 8 Efecto escala, desde roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado. .	35
Figura 2. 9 Sostenimientos según el índice Q.....	40
Figura 2. 10 Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos fracturados.....	41
Figura 2. 11 Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos estratificados y heterogéneos. ....	42
Figura 2. 12 Curvas características interacción terreno-sostenimiento .....	45
Figura 2. 13 Efecto cuña .....	47
Figura 4. 1 Representación estereográfica de las estructuras principales (fallas) en el Proyecto San Gabriel. ....	71
Figura 4. 2 Representación estereográfica de las (estructuras menores) presentes en el Proyecto San Gabriel. ....	72
Figura 4. 3 Histograma de los valores de RQD que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel. ....	72
Figura 4. 4 Histograma del espaciado de las estructuras en el Proyecto San Gabriel. ...	73
Figura 4. 5 Histograma de las medidas de persistencia de las estructuras en el Proyecto San Gabriel.....	74
Figura 4. 6 Histograma de la rugosidad de las estructuras en el Proyecto San Gabriel. ....	75
Figura 4. 7 Histograma de la apertura de las discontinuidades en el Proyecto San Gabriel. ....	75
Figura 4. 8 Histograma de los tipos y dimensiones de rellenos presentes en las estructuras en el Proyecto San Gabriel.....	76

Figura 4. 9 Histograma de la presencia de agua en las estructuras en el Proyecto San Gabriel.....	77
Figura 4. 10 Histograma de valores de RMR que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.....	77
Figura 4. 11 Histograma de valores de RMR básico que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel. ....	78
Figura 4. 12 Histograma de valores de Q obtenido por correlación con el RMR que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel. ....	78
Figura 4. 13 Histograma de valores Q que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.....	79
Figura 4. 14 Histograma de valores GSI que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.....	79
Figura 4. 15 Relación del esfuerzo vertical y horizontal (k), para diferentes módulos de deformación basado en la ecuación de Sheorey .....	83

## INDICE DE ACRÓNIMOS

ASTM	: American Section of the International Association for Testing Materials.
E	: Este.
GSI	: Geological Strength Index.
ISRM	: International Society for Rock Mechanics.
JRC	: Joint Roughness Coefficient.
MPa	: Mega Pascales.
N	: Norte.
RQD	: Rock Quality Designation.
RMR	: Rock Mass Rating.
S	: Sur.
UCS	: Uniaxial Compressive Strength.
W	: Oeste.
JCS	: Joint Wall Compressive Strength.
UCS	: Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.
S	: Espaciamiento entre las estructuras.
JC	: Condición de las estructuras.
WC	: Condición de aguas.
dN	: Deca Newton.
kN/m <sup>3</sup>	: Kilo Newton sobre Metro cubico.
g/cm <sup>3</sup>	: Gramos sobre centímetro cubico.
Mb	: Es un valor reducido de la constante de material.
mi	: Constantes de material (criterio de Hoek - Brown).
a	: Constantes de material (criterio de Hoek - Brown).
s	: Constante de material (criterio de Hoek - Brown).
$\sigma_{ci}$	: Resistencia a la compresión simple de roca intacta.

## RESUMEN

El presente estudio de investigación titulado “Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura”, es de suma importancia la mecánica de rocas o más ampliamente la geomecánica, tal como se le conoce en la actualidad, es una disciplina que en los últimos años ha tenido grandes progresos, convirtiéndose en una herramienta tecnológica más en la industria minera en particular y en otras ramas de la ingeniería en general.

Para su aplicación efectiva en la evaluación geomecánica y estabilidad de labores subterráneas, a donde se dirige la presente tesis, las actividades geomecánicas que se realizan en una mina deben ser conducidas en un medio ambiente organizacional que permita la integración de conceptos, información y actividad analítica de parte de todo el personal involucrado con la explotación de la mina.

La ejecución de esta investigación ha sido con el objetivo de evaluar las características geomecánicas y la estabilidad de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura, es decir, las condiciones geomecánicas del sitio y así determinar la estabilidad de las excavaciones de labores subterráneas. Respondiendo a la hipótesis planteada en la investigación, se tiene como resultados característicos de macizo rocoso desde regular a buena calidad, con esta información se procedió a determinar la estabilidad de las excavaciones a través de gráficos empíricos y finalmente se realizó un análisis numérico de esfuerzo deformación. Las excavaciones de sección 3.5 x 3.5 m como son las Cortadas de exploración en gran parte no requerirán sostenimiento, sin embargo, de presentarse un terreno de mala calidad será necesaria la evaluación de sostenimiento. Las excavaciones de sección 4.5 x 4.5 m como es el caso de la Rampa San Gabriel, requerirá un sostenimiento de tipo permanente que puede ser pernos helicoidales distribuidos de manera sistemática y finalmente las excavaciones de sección 7.0 x 7.0 m destinadas a ser Cámaras de perforación diamantina requerirán un sostenimiento más robusto como es el caso del Shotcrete mas empernado sistemático.

**Palabras clave:** Caracterización, discontinuidad, macizo rocoso, roca intacta, meteorización, factor de seguridad, sostenimiento.

## ABSTRACT

The present study of investigation titled "Geomechanical evaluation and stability of works in the project San Gabriel CIA of mines Buenaventura", is of extreme importance the mechanics of rocks or more widely the geomechanics, as it is known at present, it is a discipline in recent years has made great progress, becoming a technological tool in the mining industry in particular and other branches of engineering in general.

For its effective application in the geomechanical evaluation and stability of underground work, where this thesis is directed, the geomechanical activities carried out in a mine should be conducted in an organizational environment that allows the integration of concepts, information and analytical activity on behalf of all personnel involved in the exploitation of the mine.

The execution of this investigation has been with the objective of evaluating the geomechanical characteristics and the stability of the work in the San Gabriel CIA project of Buenaventura mines, that is, the geomechanical conditions of the site and thus determine the stability of the excavations of underground works . Responding to the hypothesis raised in the investigation, the results are characteristic of rock mass from regular to good quality, with this information we proceeded to determine the stability of the excavations through empirical graphs and finally a numerical analysis of deformation effort was made . Excavations of 3.5 x 3.5 m section, such as the Exploration Cutting, will not require much support, however, if poor quality land is present, the assessment of sustainability will be necessary. Excavations of 4.5 x 4.5 m section, as in the case of the San Gabriel Rampa, will require a permanent type of support, which can be systematically distributed helical bolts and finally the 7.0 x 7.0 m section excavations destined to be diamond drilling chambers. they will require a more robust support, as is the case with the more bolted, systematic Shotcrete.

**Keywords:** Characterization, discontinuity, rock mass, intact rock, weathering, safety factor, sustain.



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática.

La caracterización geomecánica hoy en día es de suma importancia en la estabilidad de excavaciones subterráneas, siendo esta la que controla la estabilidad de una excavación subterránea, el dimensionamiento y sostenimiento a aplicar a través de la utilización de técnicas empíricas, analíticas y numéricas. Por otro lado, la estabilidad de la roca circundante a un simple tajeo, a una estación de pique o a una rampa, depende de los esfuerzos y las condiciones estructurales de la masa rocosa dentro de unas pocas decenas de metros de los bordes de la excavación. Los esfuerzos locales son influenciados por las condiciones de escala de mina, pero las inestabilidades locales serán controladas por los cambios locales en los esfuerzos, por la presencia de rasgos estructurales y por la cantidad de daño causado a la masa rocosa por la voladura.

Es necesario, por tanto, controlar la evaluación geomecánica las condiciones de estabilidad tanto a escala de mina como a escala local, pero es esta última la que tiene mayor importancia, desde que los problemas potenciales de inestabilidad constituyen un peligro para la seguridad del personal como para los equipos y también para la rentabilidad de la operación minera.

La caída de rocas es uno de los mayores riesgos para los trabajadores de la industria minera subterránea, ya que, en él, la caída de rocas junto a los derrumbes o deslizamientos son las principales causas de los accidentes en la minería subterránea del país, por ello requieren de una especial atención. La excavación subterránea debe adaptarse a las

tensiones in situ del macizo rocoso. En ese entender, la ejecución de las labores en el proyecto San Gabriel desarrollado por CIA de minas Buenaventura deberá de ser físicamente estable.

A fin de contrarrestar este peligro, es necesario adoptar medidas de control de la estabilidad de las labores mineras. En tal sentido, los problemas de inestabilidad de la masa rocosa de las labores mineras pueden ser minimizados. La inestabilidad de las labores de exploración, ocasionaría la pérdida de vidas humanas, pérdida de equipos mineros, incremento de costos de sostenimiento, problemas legales a la empresa y otros.

En el proyecto San Gabriel en su fase de desarrollo y preparación de labores subterráneas tiene la necesidad de determinar las características del material circundante en la mina y así diseñar las excavaciones subterráneas de forma segura. En el ámbito de la ingeniería civil y de la minería es usual encontrar problemas relacionados a la estabilidad, ya sean estos suelos o macizos rocosos. La identificación de los modos de falla en una labor subterránea es primordial para un posterior análisis de estabilidad del macizo rocoso.

La caracterización geotécnica y la identificación de los modos de falla más recurrentes contribuirán a un mejor conocimiento de la mecánica de rocas y del comportamiento de las estructuras que constituyen las labores del proyecto San Gabriel, CIA de minas Buenaventura con la aplicación de teorías, principios y herramientas geotécnicas. La presente investigación plasma a manera muy detallada la elección del método de análisis de estabilidad de labores subterráneas para el método de equilibrio límite en labores estructuralmente controladas y así poder obtener un factor de seguridad, que nos ayudara a entender mejor el problema.

## **1.2. Formulación del problema**

Con la presente investigación pretendemos dar respuesta a las siguientes interrogantes:

### **1.2.1. Pregunta general**

- ¿Qué características geomecánica y estabilidad tienen las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuáles son las características geomecánica de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura?
- ¿Cómo determinamos las condiciones de estabilidad de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar las características geomecánicas y la estabilidad de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las características geomecánicas de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de Minas Buenaventura.
- Determinar las condiciones de estabilidad de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de Minas Buenaventura.

## **1.4. Justificación de la investigación**

Es necesario conocer la caracterización geomecánica, que contribuirá al conocimiento del comportamiento estructural, físico, mecánico tensional con la identificación de cuñas subterráneas y el análisis esfuerzo deformación en la excavación.

También es necesario determinar la estabilidad de las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura permitirá dimensionar y/o proponer el tipo de sostenimiento a utilizar, reconocer las posibles medidas de corrección, remediación y mitigación de las labores subterráneas. Evitando los impactos que podría generar la inestabilidad de las labores subterráneas.

En ese sentido para que la empresa continúe trabajando requiere conocer el comportamiento del macizo rocoso. Ya que ella contribuirá la reducción de riesgos laborales y su importancia recae en dar seguridad al personal que ingresan a la excavación subterránea de manera eficaz y segura, así de esta manera la empresa podrá continuar con la ejecución del proyecto minero.

### **1.5. Limitaciones del estudio**

Para realizar la presente investigación se tiene la siguiente limitación.

En el presente estudio de investigación titulado Evaluación Geomecánica y Estabilidad de Labores en el Proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura los limitantes son las labores principales como rampa, cortada y cámara de perforación diamantina que se encuentran en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura distrito de Ichuña provincia General Sanchez Cerro departamento Moquegua, También se podría considerar de la presente investigación los escasos estudios de evaluación geomecánica y estabilidad de labores en la minería subterránea.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

(Cordova Rojas N. D., 2008) en su tesis de título *Geomecánica en el Minado Subterráneo Caso Mina Condestable – Distrito Mala, Provincia de Cañete* Presentada en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Universidad Nacional de Ingeniería – Lima en su conclusión 9.13 menciona “Como parte de la evaluación de las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado, se ha investigado los posibles mecanismos de falla de la masa rocosa circundante a las excavaciones, tomando en cuenta la geometría de estas últimas, el arreglo estructural de la masa rocosa, las características de resistencia de la misma y la influencia de los esfuerzos. Básicamente se analizaron la estabilidad controlada por el arreglo estructural de la masa rocosa y la estabilidad controlada por los esfuerzos. Adicionalmente, se analizó las posibilidades de hundimiento de la masa rocosa en la cavidad Intermedio Central, considerada como la más crítica de la zona de evaluación”.

(Bustamante Murillo, 2008) en sus tesis de título *Geomecánica aplicada en la prevención de pérdida por caída de rocas Mina Huanzalá - CÍA. Minera Santa Luisa S.A.* Presentada en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Universidad Nacional de Ingeniería – Lima en su conclusión 01 menciona “El software Phase 2 es una herramienta importante que permite determinar entre otras cosas el tipo de sostenimiento de labores, tipo de voladura a realizar, determinar la sección de excavaciones subterráneas a realizar”.

(**Adu-Acheampong, 2003**) en su artículo de título *Importance of geotechnical field mapping in assessing the stability of underground excavations*, publicada en la revista *SME Annual Meeting*, en su conclusión menciona “El detalle del mapeo de campo puede ayudar a decidir al ingeniero haciendo un diseño de excavación subterránea”.

(**Gautam, 2011**) en su artículo de título *Wedge stability analysis and rock squeezing prediction of headrace tunnel, Lower Balephi Hydroelectric Project, Sindhupalchock District, central Nepal* publicada en la revista *Journal of Nepal Geological Society 2011* en su conclusión menciona “El análisis de estabilidad de cuñas subterráneas viendo que se pueden formar cuñas peligrosas en la excavación subterránea, podrían ser estabilizadas con la ayuda de pernos de anclaje o shotcrete”.

(**Curran, Corkum, & Hammah, 2004**) en su artículo de título *Three-dimensional Analysis of Underground Wedges under the Influence of Stresses*, publicada en el portal de Rocscience en su conclusión menciona, “El mayor valor del enfoque sugerido no radica en el cálculo exacto del factor de seguridad, pero si en el hecho de que puede ser usado para estudiar la variación de influencia del estrés sobre la estabilidad. Además, dado que el procedimiento para la incorporación de esfuerzos en la estabilidad de cuña utiliza los seis componentes del tensor de tensión, que se puede combinar con un enfoque de análisis de tensión tridimensional completa. Tal combinación permitiría el análisis de cuñas que ocurre en cualquier lugar a lo largo del eje de una excavación, incluyendo los situados en los extremos”.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Mecánica de rocas y geomecánica**

Desde el punto de vista de aplicación a los problemas prácticos de ingeniería, la mecánica de rocas está relacionada con la aplicación de los principios de la mecánica ingenieril al diseño de estructuras rocosas. La estructura en este caso estará constituida por la masa rocosa en la que, por efecto de haber practicado en la misma una excavación, se ha producido un cambio de esfuerzos con respecto a su situación original, lo que trae como consecuencia la necesidad de garantizar la estabilidad de toda la zona. (Hoek E. , 2006)

La experiencia ha demostrado que la estabilidad de una excavación rocosa depende de los esfuerzos de campo pre-existentes, de la forma, orientación y dimensiones de la excavación y de la estructura y calidad del macizo rocoso. Obviamente, estos conceptos indican claramente que la mecánica de rocas está relacionada a la línea principal de la mecánica clásica y a la mecánica continua, pero varios factores específicos la identifican como un campo de la ingeniería distinta y coherente. (Goodman, 1989)

Tal como se conceptualiza hoy en día, la mecánica de rocas tiene fundamental importancia principalmente en la ingeniería minera, que es el tema a donde va dirigida esta tesis, y en la ingeniería civil; particularmente constituye la base de la ingeniería minera, puesto que ésta a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiadas por el concepto de “vida de operación”, junto con el beneficio económico de dicha operación con márgenes ajustados de seguridad, lo cual crea problemas de diseño que son únicos a la explotación de minas. (Oranguren, 2004).

### **2.2.2. Zonificación geomecánica del macizo rocoso**

El mapeo geológico y geomecánico de los afloramientos y el análisis estructural de las discontinuidades permite determinar las características geomecánicas y la calidad del macizo rocoso en el área de estudio. Dependiendo de estas características, el área de estudio puede subdividirse en zonas que presentan condiciones similares, a las que se les denomina dominios estructurales. (Hutchinson & Diederichs, 1996).

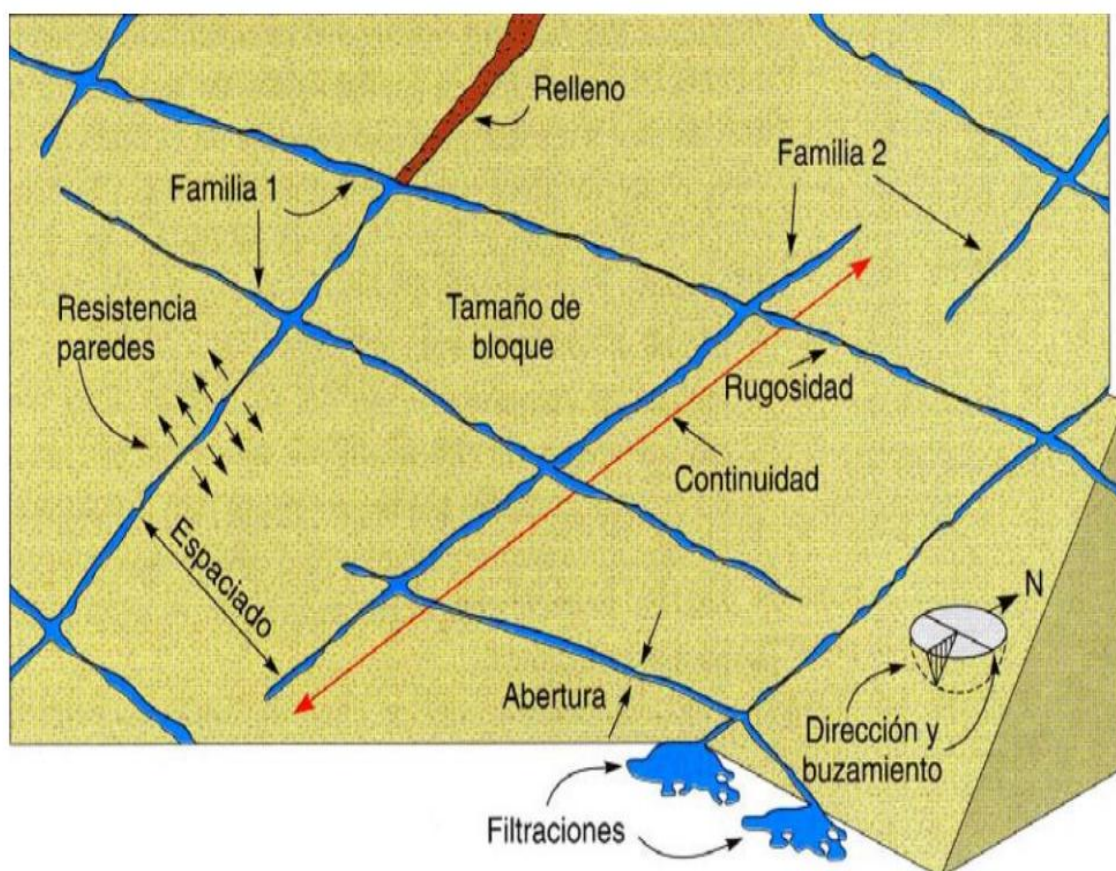
### **2.2.3. Caracterización geomecánica.**

Para caracterizar un macizo rocoso donde se pretende insertar una excavación, se requiere conocer los parámetros básicos de la roca y de las discontinuidades, así como la estructura del macizo rocoso que incluye aspectos como el número de familias de discontinuidades existentes, el espaciado medio de los planos de discontinuidad, las características geomecánicas básicas de las discontinuidades. Asimismo, será necesario medir o estimar el estado tensional in-situ y en su caso las alteraciones producidas en el macizo por otras excavaciones. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2007).

### 2.2.3.1. Mapeo superficial de estructuras expuestas

Los métodos de mapeo estructural que examinarán sistemáticamente todas las características geológicas importantes son el mapeo "lineal" y "ventana". El mapeo lineal consiste en estirar una cinta métrica a lo largo de la cara o caja y mapear todas las que intersectan con la línea; las longitudes de línea son normalmente entre 50 y 100 m. Si se estudian los extremos de la línea, entonces la ubicación de todas las discontinuidades se puede determinar. El mapeo de ventana comprende realizar un mapeo de todas las discontinuidades dentro de un segmento representativo o "ventana" de un tamaño fijo, espaciados a intervalos regulares a lo largo de la cara o caja. Las áreas que intervienen se examinan por similitud de estructura. La dimensión de una ventana normalmente puede ser de aproximadamente 10 m. (Wyllie & Mah, 2004).

Figura 2. 1 Esquema ilustrativo de los parámetros que describen las estructuras presentes en el macizo rocoso



Fuente: Hudson, (2000)



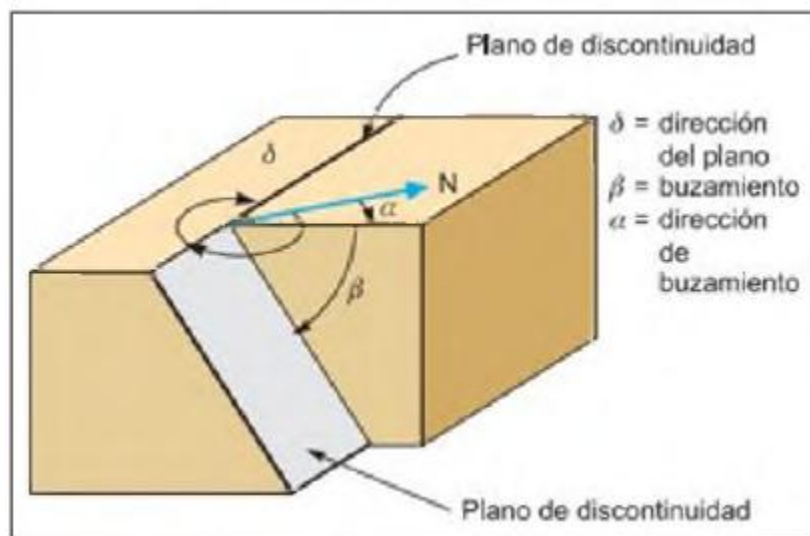
### 2.2.3.2. Familias de discontinuidades y orientación de las estructuras

Una discontinuidad es una superficie del macizo rocoso que está abierta o puede abrirse fácilmente a causa de tensiones inducidas por la excavación. Las superficies de discontinuidad aparecen durante la formación de la roca (planos de estratificación, laminación, foliación, disyunción, etc.) o posteriormente por causas tectónicas (esquistosidad, pizarrosidad y las fracturas: fallas y las diaclasas (estas últimas denominadas vulgarmente “juntas”). (Jorda Bordehore, 2012)

Las fracturas son planos de discontinuidad originados cuando la roca ha estado sometida a un esfuerzo tectónico que sobrepasó su límite de rotura. Consideramos dos tipos de fracturas: fallas y juntas. La falla se origina cuando las dos secciones que separan la fractura han sufrido desplazamiento, una respecto de la otra, paralelamente a la fractura. La magnitud del desplazamiento puede variar entre milímetros hasta decenas de kilómetros. Se denomina junta cuando el desplazamiento relativo entre secciones es nulo o prácticamente nulo. (Jorda Bordehore, 2012).

La orientación de un plano de discontinuidad en el espacio queda definida por su dirección de buzamiento (dirección de la línea de máxima pendiente del plano de discontinuidad respecto al norte) y por su buzamiento (inclinación hacia debajo de dicha línea, respecto al plano horizontal). El instrumento que se emplea para la medida directa de la dirección de buzamiento y buzamiento es la brújula. La notación que se usa para especificar estos dos valores es de escribir primero la dirección de buzamiento, representado por tres dígitos seguidos de un quebrado tendido hacia adelante (/), para luego especificar el buzamiento del plano, representado por dos dígitos (Suarez Burgoa L. , 2013).

Figura 2. 2 Medida de la orientación de discontinuidades.



Fuente: Hudson, (2000).

### 2.2.3.3. Espaciamiento de las estructuras

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2004).

Figura 2. 3 El espaciado de las juntas en una falla de tipo normal



Fuente: Jorda Bordehore, (2012)

El espaciado de las discontinuidades es el promedio entre los planos de debilidad en el macizo rocoso en la dirección perpendicular al plano de la discontinuidad (Bieniawski, 1989).

Tabla 2. 1 Descripción del espaciamiento de las estructuras.

Descripción	Espaciamiento (mm)
Extremadamente Junto	< 20
Muy Junto	20 a 60
Junto	60 a 200
Moderado	200 a 600
Separado	600 a 2000
Muy Separado	2000 a 6000
Extremadamente Separado	> 6000

Fuente: International society for rock mechanics commission on standardization of laboratory and field test, 1978.

En la práctica a cada set o familia de estructuras se le asigna un valor “característico” de espaciamiento (los más usados corresponden al valor promedio o al valor modal de la mediciones de espaciamiento para dicho set), ya que el espaciamiento de un set de estructuras no presenta un único valor sino que un rango de valores, muchas veces conforme a una cierta distribución estadística (para lograr una buena definición de esta distribución Hudson & Harrison (1997) señalan que debe contarse con al menos 200 mediciones) para describir el espaciamiento se sugiere usar las definiciones de la ISRM que se reseñan en Tabla 2.1. (Flores G. & Karzulovic L., 2003).

#### 2.2.3.4. Persistencia o continuidad de las estructuras

Este concepto hace referencia a la extensión o tamaño de las discontinuidades. Las dimensiones de una discontinuidad se pueden cuantificar observando su longitud en los afloramientos en la dirección del rumbo y en la dirección del buzamiento. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2007).

Figura 2. 4 La continuidad o persistencia de la junta, que abarca más de 5 metros, todo el afloramiento Visible.



Fuente: Jorda Bordehore, (2012)

Tabla 2. 2 Descripción de la persistencia de las estructuras

Descripción	Persistencia (m)
Muy Baja continuidad	< 1
Baja continuidad	1 a 3
Continuidad Media	3 a 10
Alta continuidad	10 a 20
Muy Alta continuidad	> 20

Fuente: (International society for rock mechanics commission on standardization of laboratory and field test, 1978).

Para describir la persistencia de las estructuras se sugiere usar las definiciones de la ISRM que se reseñan en la Tabla 2.2 Por otra parte, se recomienda complementar la persistencia con información relativa al tipo de término que presentan las estructuras de un set dado.

### 2.2.3.5. Rugosidad de las estructuras

Conjunto de irregularidades de diferentes órdenes de magnitud (asperezas, ondulaciones), que componen la superficie de las paredes de la discontinuidad. (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1987).

La rugosidad se define a las características morfológicas que presenta la superficie del plano de una discontinuidad, la cual contribuye a disminuir o aumentar la resistencia al esfuerzo cortante. (Suarez Burgoa L. , 2013).

Muchos autores discuten métodos para medir la rugosidad de las estructuras, pero en la práctica las evaluaciones de la rugosidad de las estructuras se suelen hacer con comparación con “perfiles de rugosidad”, lo que indudablemente introduce subjetividad y, al mismo tiempo, un potencial problema de escala, es por eso que para definir la rugosidad se recomienda el empleo de los perfiles que se muestran en la Figura 2.5 y considerar 2 escalas:

- **Escala intermedia (Varios metros)**, en la que la ondulación de las estructuras permite clasificarlas en 3 clases: escalonadas, onduladas, y planas.
- **Escala menor (Varios centímetros)**, en la que las disparidades de las estructuras permite clasificarlas en 3 clases: rugosas, lisas, y pulidas.

Esto permite definir un total de 9 clases de rugosidad: (I) escalonadas rugosas, (II) escalonadas lisas, (III) escalonadas pulidas, (IV) onduladas rugosas, (V) onduladas lisas, (VI) onduladas pulidas, (VII) planas rugosas, (VIII) planas lisas, y (IX) planas pulidas. (Flores G. & Karzulovic L., Guías geotécnicas para una transición desde rajo abierto a minería subterránea, 2003).

**Notas:** La longitud de cada perfil puede estar en el rango de 1 a 10 m.

Las escalas vertical y horizontal son iguales. JRC20 y JRC100 corresponde al valor estimado del coeficiente de rugosidad de la estructura (Barton & Choubey (1977)) cuando el perfil se “asimila” a un largo de 20 y de 100 cm, respectivamente (Bandis (1993)).

Figura 2. 5 Caracterización de la rugosidad de las estructuras según las recomendaciones de la ISRM.

Clase	Escala		Perfil Típico de Rugosidad de la Estructura	JRC <sub>20</sub>	JRC <sub>100</sub>
	Intermedia	Menor			
I	Escalonada	Rugosa		20	11
II		Lisa		14	9
III		Pulida		11	8
IV	Ondulosa	Rugosa		14	9
V		Lisa		11	8
VI		Pulida		7	6
VII	Plana	Rugosa		2.5	2.3
VIII		Lisa		1.5	0.9
IX		Pulida		0.5	0.4

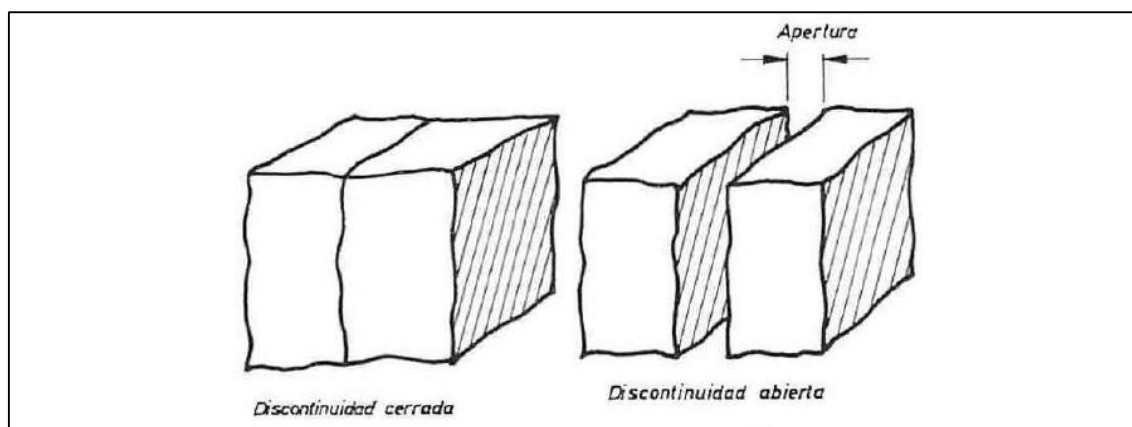
Fuente: modificada de Brown (1981)

### 2.2.3.6. Apertura de las estructuras

Es la separación entre los labios de las discontinuidades. Cuanta más separación más inestable es el conjunto, siendo además zonas de preferencia para la circulación de agua y la presencia de materiales arcillosos que restan resistencia al macizo. (Jorda Bordehore, 2012).

Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso: mientras que en superficie la abertura puede ser alta, ésta se reduce con la profundidad pudiendo llegar a cerrarse. Su medida puede realizarse directamente con una regla graduada en milímetros. Las medidas han de realizarse para cada familia de discontinuidades, adoptando los valores medios más representativos de cada una de ellas. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Figura 2. 6 Apertura de las discontinuidades



Fuente: Brown, 1981.

Brown (1981) discute la forma de medir estos parámetros según las recomendaciones de la ISRM. Para describir la apertura se recomienda la terminología de Tabla 2.3 (Hudson & Harrison, 2000).

Tabla 2. 3 Descripción de la apertura de las estructuras.

Apertura	Descripción
0	Cerrado
<0.1 mm	Muy angosta
0.1 – 1.0 mm	Angosta
1.0 – 5.0 mm	Abierta
>5 mm	Muy abierta

Fuente: Brown, 1981.

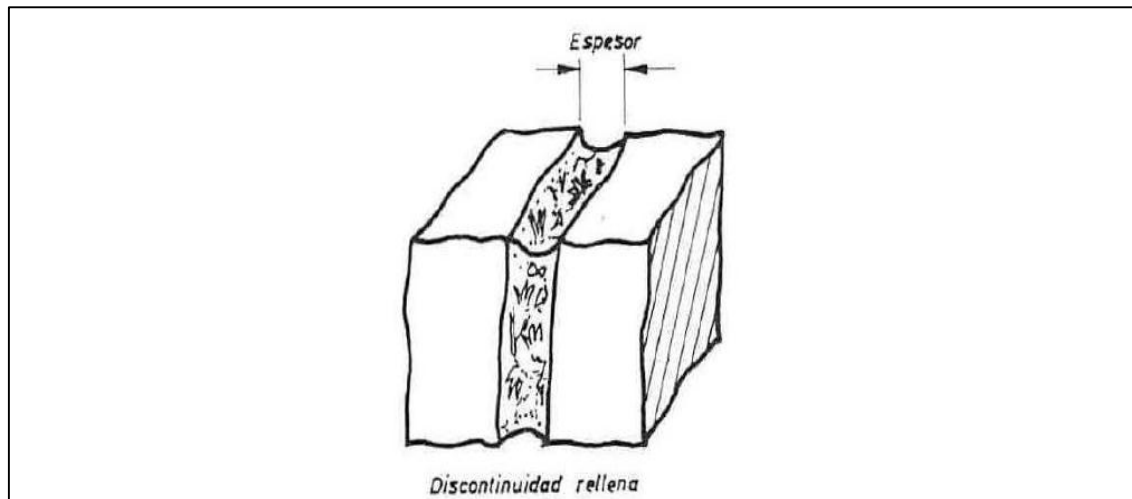
### 2.2.3.7. Relleno en las discontinuidades

El relleno hace referencia al material que está entre los labios de una discontinuidad. Dicho material puede ser de naturaleza distinta a la de la roca de las paredes, por ejemplo, calcita, clorita, arcilla, limo, etc. Para la puntuación en el RMR, se observará si se trata de un relleno blando o duro y su espesor. (Madariaga, 2015).

Para la puntuación en el RMR, se observará si se trata de un relleno blando o duro y su espesor.

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente. (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2004)

Figura 2. 7 Relleno de discontinuidades



Fuente: Brown, 1981.

#### 2.2.3.8. Agua subterránea

La presencia de agua subterránea es de suma importancia en la estabilidad e taludes por ende en la clasificación de macizo rocoso en las cuales puede estar seco, ligeramente húmedo, húmedo, goteando y fluyendo. Generalmente, la circulación de agua en los macizos rocosos se realiza a lo largo de las discontinuidades (permeabilidad secundaria), excepto en las rocas sedimentarias con un alto índice de poros, en las cuales el agua circula por la propia roca (permeabilidad primaria). (Ramirez O. & Alejano M., 2007).

Las observaciones con respecto a las filtraciones en discontinuidades, tanto si se presentan rellenas como si aparecen limpias, pueden seguir las descripciones de la Tabla 2.4, conforme a las recomendaciones de la ISRM (Gonzales de Vallejo, 2002).



Tabla 2. 4 Descripción de la condición de humedad de las estructuras.

Condición	Descripción de la Condición de Humedad	
	Estructuras Sin Relleno	Estructuras Con Relleno
I	Estructura cerrada y seca. No parece posible que a través de la misma circule agua.	El relleno se observa consolidado y seco. No parece posible el flujo de agua.
II	Estructura seca y sin evidencia de que haya permitido el flujo de agua.	El relleno está húmedo pero sin señales de agua libre.
III	Estructura seca pero con evidencia de que ha permitido el flujo de agua.	El relleno está mojado y presenta goteos ocasionales.
IV	La estructura está húmeda pero no hay goteos ni otras señales de agua libre.	Se observa un flujo continuo de agua (estimar el caudal). El relleno puede mostrar señales de lavado.
V	La estructura presenta goteos ocasionales, pero sin un flujo continuo de agua.	Se observa flujo considerable de agua según “canales” preferentes (estimar el caudal y la presión). El relleno está localmente lavado.
VI	La estructura muestra un flujo continuo de agua (estimar el caudal y la presión).	Se observa un flujo considerable de agua (estimar caudal y presión). El relleno ha sido, al menos localmente, completamente lavado.

Fuente: Brown, 1981.

### 2.2.3.9. Resistencia de las paredes de las discontinuidades

Las resistencias de las rocas se pueden estimar también en el campo utilizando una navaja y un martillo de geólogo, aunque con menos precisión que con el martillo de Schmidt, en la Tabla 2.5 se describe la forma de hacerlo según la ISRM. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2007).

Tabla 2. 5 Estimación en campo de la resistencia de la roca mediante un martillo de geólogo y una navaja

Grado	Descripción	Identificación de campo	RCS (MPa)
R1	Roca muy débil	Desmenuzable bajo golpes firmes con la punta de un martillo de geólogo, puede desconcharse con una navaja.	1.0– 5.0
R2	Roca débil	Puede desconcharse con dificultad con una navaja, se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.	5.0 – 25
R3	Roca medianamente dura	No se puede rayar o desconchar con una navaja, las muestras se pueden romper con un golpe firme del martillo de geólogo	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra.	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100 – 250
R6	Roca estremadamente dura	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.	> 250

Fuente: Brown, 1981.

## 2.2.4. Caracterización Geomecánica

### 2.2.4.1. Conocimiento del terreno en minería

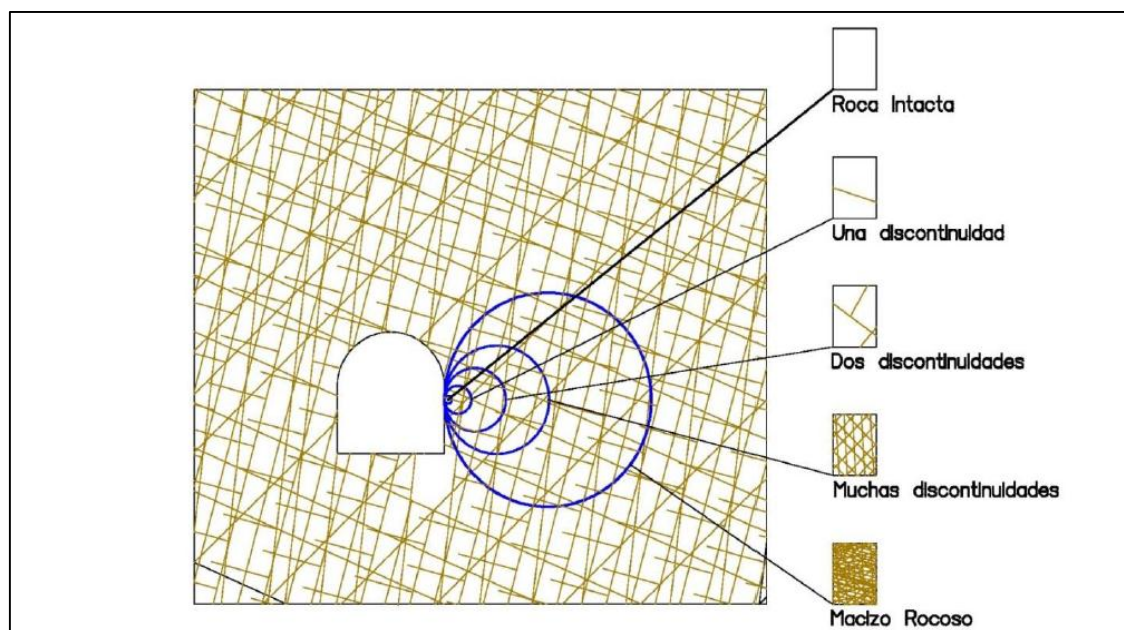
El diseño de una explotación minera debe basarse en el estudio y conocimiento de las propiedades geomecánicas del terreno, que serán identificadas previamente a las labores a realizar y a medida que avanzan las excavaciones. Los resultados de las investigaciones, en ocasiones, no son coherentes ni coincidentes con las características reales del terreno que se observan durante la ejecución de las obras. (Madariaga, 2015).

Nos encontramos trabajando ante un medio heterogéneo y complejo, el macizo rocoso, que varía de unas minas a otras, y conforme van avanzando los trabajos es posible que varíe en diferentes zonas dentro de una misma mina, desarrollándose muchas veces inestabilidades en el macizo rocoso que no se habían previsto. Por ello, para poder preveer/eliminar posibles inestabilidades, es necesario caracterizar, conocer y controlar los posibles problemas geotécnicos que se pudieran desarrollar en el macizo rocoso.

#### 2.2.4.2. Caracterización del macizo rocoso

El macizo rocoso es el conjunto de bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades por las que se ve afectado como son fallas, juntas, pliegues, planos de estratificación etc. Los macizos rocosos son por tanto discontinuos y heterogéneos, siendo la consecuencia más importante de ello el efecto escala (Cunha 1990), y que las propiedades tenso deformacionales de los macizos son de naturaleza anisótropa. (Ramirez O. & Alejano M., 2007).

Figura 2. 8 Efecto escala, desde roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado.



Fuente: (Jorda Bordehore, 2012).

Por roca “intacta” se entiende los trozos de roca que se ubican entre las estructuras presentes en el macizo rocoso, y usualmente se considera que las propiedades de la roca “intacta” pueden determinarse mediante ensayos de laboratorio sobre probetas con un

diámetro del orden de 50 mm y una altura de unos 100 mm, o sea con un volumen del orden de  $10^{-4} \text{ m}^3$ . Por otra parte, por macizo rocoso se entiende el conjunto roca “intacta” y estructuras, en un volumen de tamaño tal que representa adecuadamente la situación que se está considerando. Esto significa que el macizo rocoso puede tener un volumen del orden de  $10^5 \text{ m}^3$ , si se está analizando la estabilidad de una galería, a más de  $10^7 \text{ m}^3$ , si se está analizando la estabilidad de un sector productivo. Lo anterior significa que las propiedades del macizo rocoso no pueden medirse directamente, sino que deben estimarse en función de las propiedades de la roca “intacta” y las características del arreglo de bloques que componen el macizo rocoso, usualmente representadas en función de algún índice de calidad geotécnica. (Flores G. & Karzulovic L., 2003).

### **2.2.5. Clasificación geomecánica del macizo rocoso**

Las clasificaciones geomecánicas tienen por objeto caracterizar ingenierilmente un determinado macizo rocoso en función de una serie de parámetros a los que se les designa un cierto valor. Clasificar geomecánicamente un macizo rocoso consiste en otorgarle una puntuación según una metodología o criterio establecido. Una vez puntuado el macizo, se clasifica en una categoría de entre varias existentes en función del rango de puntos. (Jorda Bordehore, 2013).

Las clasificaciones geomecánicas se utilizan mucho actualmente, sobre todo en estudios geotécnicos, en lo que se refiere a los taludes, la principal ventaja de las clasificaciones geomecánicas consiste en que permiten obtener, mediante unas correlaciones establecidas, los principales parámetros mecánicos del macizo rocoso. Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos tienen por objeto evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad. (Ramirez Oyanguren & Alejano Monge, 2007).

#### **2.2.5.1. Índice de designación de la calidad de la roca (RQD)**

Fue desarrollado por Deer (Deere et al., 1967) para promover un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa, a partir de los testigos de perforación diamantina. El RQD es definido como el porcentaje de piezas de testigos intactos mayores a 100 mm en la longitud total del testigo. El testigo deberá tener por lo menos un tamaño

NX (54.7 mm de diámetro) y deberá ser perforado con un cilindro de doble tubo de perforación. Palstrom (1982) sugirió que, cuando los testigos no están disponibles pero las trazas de las discontinuidades son visibles en afloramientos superficiales o en socavones exploratorios, el RQD puede ser estimado a partir del número de discontinuidades por unidad de volumen. (Hoek & Brown, 1985).

El índice RQD (*Rock Quality Designation*) se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud en su eje, sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo. Para determinar el RQD en el campo existen dos procedimientos de cálculo.

- A partir del mapeo de celdas geotécnicas: comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural (*detail line*) en el área o zona predeterminada de la operación minera.
- Se hace el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro cúbico ( $J_v$ ), determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada. Esto se usa para voladura y queda establecido de acuerdo a la relación entre RQD y  $J_v$ .

Tabla 2. 6 Calidad de la roca en función de RQD.

RQD %	Calidad
< 25	Muy Mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Media
75 – 90	Buena
90 – 100	Muy Buena

Fuente: Deere et al, 1967

### 2.2.5.2. Sistema de clasificación RMR

Desarrollada por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos. (Hoek & Brown, 1985).

Bieniawski (1976) publicó los detalles de una clasificación de la masa rocosa denominada sistema de clasificación Geomecánica o valoración de la masa rocosa RMR (Rock Mass Rating). A través de los años, este sistema ha sido modificado sucesivamente conforme han ido examinando más casos registrados, y se advierte al lector que Bieniawski hizo cambios significativos en las valoraciones asignadas a los diferentes parámetros. Los siguientes seis parámetros son usados para clasificar una masa rocosa con el sistema RMR. (Hoek & Brown, 1985).

Tabla 2. 7 Clases de macizos rocosos según el índice RMR.

Clase de Roca	R.M.R.	Descripción
I	81 – 100	Muy buena
II	61 – 80	Buena
III	41 – 60	Media
IV	21 – 40	Mala
V	< 20	Muy mala

Fuente: Bieniawski 1976.

- Resistencia compresiva uniaxial del material rocoso.
- Designación de la calidad de la roca (RQD).
- Espaciamiento de las discontinuidades.
- Condición de las discontinuidades.
- Condiciones del agua subterránea.
- Orientación de las discontinuidades.

### 2.2.5.3. Índice Q

El Sistema Q o Clasificación de Barton fue desarrollado en Noruega en 1974 por Barton, Lien y Lunde, del Instituto Geotécnico Noruego. Se basó su estudio en el análisis de cientos de casos de túneles construidos principalmente en Escandinavia. (Jorda Bordehore, 2013).

La Clasificación de Barton asigna a cada terreno un índice de calidad Q, tanto mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Su variación no es lineal como la del RMR, sino exponencial, y oscila entre  $Q=0.001$  para terrenos muy malos y  $Q=1000$  para terrenos

muy buenos. para la determinación de las características de los macizos rocosos y los requerimientos de sostenimiento. Está basado en la evaluación numérica de seis parámetros dados por la expresión: (Jorda Bordehore, 2013).

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) * \left( \frac{J_r}{J_a} \right) * \left( \frac{J_w}{SRF} \right)$$

Dónde:

- $J_n$ : es el índice de diaclasado, e indica el grado de fracturación del macizo rocoso.
- $J_r$ : es el índice de rugosidad de las discontinuidades.
- $J_a$ : es el índice de alteración de las discontinuidades.
- $J_w$ : es un coeficiente reductor por presencia de agua.
- SRF o Stress reduction factor, es el coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional del macizo rocoso.

De esta forma los diferentes cocientes tienen una significación especial:

- $(RQD/J_n)$ , indica el tamaño de bloque.
- $(J_r/J_a)$ , la resistencia al corte entre los bloques.
- $(J_w/SRF)$  la influencia del estado tensional, de difícil interpretación.

En función del valor del Índice  $Q$  Barton clasifica a los macizos rocosos en las siguientes clases:

Tabla 2. 8 Tipos de macizos rocosos según Barton

Tipos de macizo rocoso	Valor de $Q$
Excepcionalmente malo.	$10^{-3}$ a $10^{-2}$
Extremadamente malo.	$10^{-2}$ a $10^{-1}$
Muy malo.	$10^{-1}$ a 1
Malo.	1 a 4
Medio.	4 a 10
Bueno.	10 a 40
Muy buena.	40 a 100
Extremadamente bueno.	100 a 400
Excepcionalmente bueno	400 a 1000

Fuente: Bieniawski 1976.

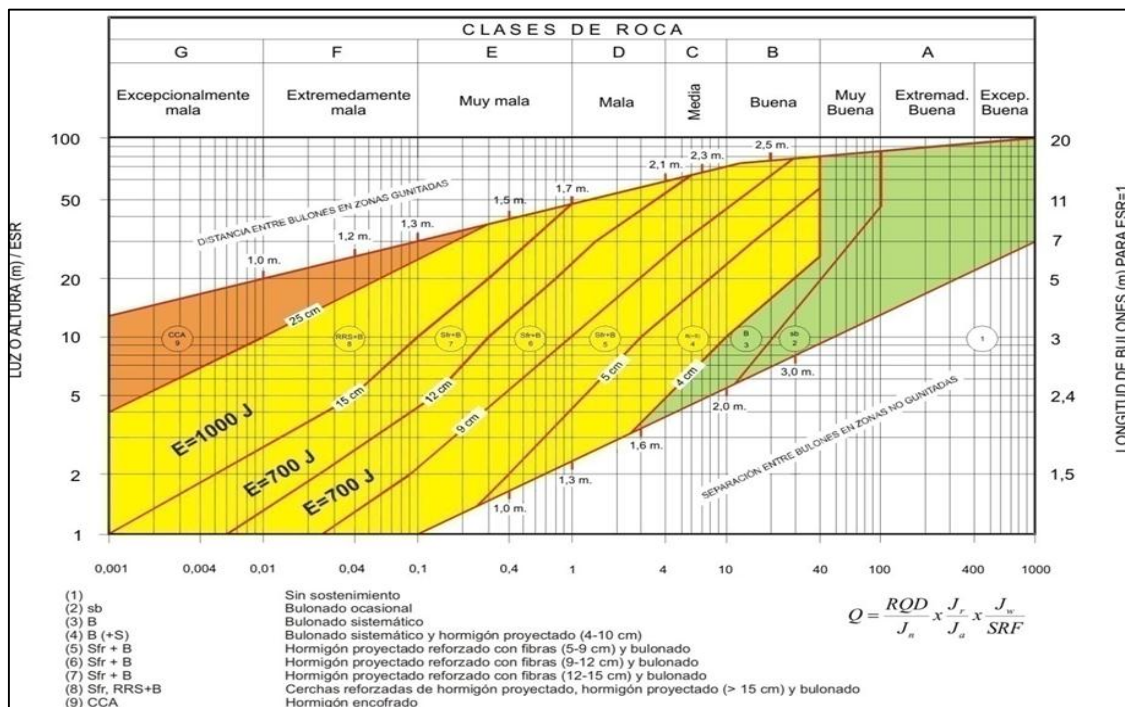
Para estimar un sostenimiento, además del valor del  $Q$  del terreno es necesario realizar una valoración de la Dimensión Equivalente de la excavación:

$$D_e = \frac{Span (m)}{ESR}$$

El  $Span$ , o dimensión crítica de la cavidad, puede ser la anchura, altura, diámetro equivalente o pase de excavación, dependiendo de la geometría final de la cavidad y de la geometría en cada fase constructiva. El  $ESR$  (excavation support ratio que depende del tipo de excavación) es un factor de seguridad que modifica el  $De$  en función del uso futuro de la obra subterránea: por ejm. minora el diámetro para galerías mineras y lo mayor para cavernas de uso industrial o civil. En la figura 2. 9 se muestran los valores adoptados para el  $ESR$  en función del tipo de obra a construir.

Se definen 9 tipos de sostenimiento, compuestos cada uno de ellos por los elementos que figuran en la leyenda. Conviene señalar que este ábaco está realizado para un valor del  $ESR = 1$ , lo que quiere decir que la longitud de los bulones a utilizar es la teórica que se obtenga multiplicada por el valor real del  $ESR$ .

Figura 2. 9 Sostenimientos según el índice  $Q$



Fuente: Barton, 2000.



2.2.5.4. Método del índice GSI

El GSI (Geological Strength Index) es un sistema para la estimación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a partir de observaciones geológicas de campo, propuesto por Hoek et al, (1995), cuyo rango numérico, comprendido entre 0 y 100, se basa en la identificación y clasificación en campo de dos de las características físicomecánicas de un macizo rocoso: la macroestructura y la condición de las superficies de las discontinuidades, (grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades). (Madariaga, 2015).

Figura 2. 10 Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos fracturados.

<b>INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA MACIZOS ROCOSOS FRAGMENTADOS</b> (Mannos & Hoek (2000))  Estime el valor típico de <i>GSI</i> considerando el tipo de roca, la estructura del macizo rocoso, y la condición de las discontinuidades.  NO trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que considerar $GSI = 35$ . <u>Note que esta tabla NO es aplicable a problemas con control estructural.</u> Si hay estructuras desfavorablemente orientadas, ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso.  En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse "desplazando hacia la derecha" el rango estimado para <i>GSI</i> .  La presión del agua no se considera al evaluar el rango de <i>GSI</i> ; ya que la misma se incorpora posteriormente en los análisis geotécnicos, los que se desarrollan considerando esfuerzos efectivos.		CONDICION DE LAS ESTRUCTURAS				
		MUY BUENA Muy rugosas, cajas frescas o no intemperizadas	BUENA Rugosas, cajas ligeramente intemperizadas y algo oxidadas.	REGULAR Lisas, cajas moderadamente intemperizadas y algo alteradas	MALA Pulidas, cajas meteorizadas, con patinas o con rellenos y/o fragmentos angulosos	MUY MALA Pulidas, cajas muy meteorizadas, con patinas o con rellenos de arcilla blanda
ESTRUCTURA DEL MACIZO		DISMINUYE LA CALIDAD				
<b>INTACTA o MASIVA</b> Probetas de roca intacta. Macizos masivos o con pocas y muy espaciadas estructuras.	90			N/A	N/A	
<b>BLOCOSA</b> Macizos con 3 sets de estructuras, que definen bloques cúbicos, bien trabados entre si.	80			50	40	
<b>MUY BLOCOSA</b> Macizos con 4 sets de estructuras, o más, que definen bloques angulosos y trabados, pero que están parcialmente perturbados.	70				30	
<b>BLOCOSA VETEADA</b> Macizos plegados y con bloques angulosos formados por la intersección de muchas estructuras. Los planos de estratificación y/o esquistosidad son persistentes.	60				20	
<b>DESINTEGRADA</b> Macizo fuertemente fracturado, con una mezcla de bloques angulosos y redondeados, pobremente trabados.					10	
<b>LAMINADA / CIZALLADA</b> Macizo con planos débiles (cizalle y/o esquistosidad), muy poco espaciados entre si y que no definen bloques.	N/A	N/A				

Fuente: Marinos & Hoek, 2000.

Este índice de calidad geotécnica se determina en base a dos parámetros que definen la resistencia y la deformabilidad de los macizos rocosos:

**RMS** Es la “estructura del macizo rocoso”, definida en términos de su blocosidad y la alteración.

**JC** Es la condición de las estructuras presentes en el macizo rocoso.

La evaluación del GSI se hace por comparación del caso que interesa con las condiciones típicas que se muestran en Figura 2.10 y 2.11, y el mismo puede variar de 0 a 100, lo que permite definir 5 clases de macizos rocosos:

Figura 2. 11 Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos estratificados y heterogéneos.

<b>INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA</b> <b>MACIZOS ROCOSOS ESTRATIFICADOS HETEROGENEOS</b> <small>(Marinos &amp; Hoek (2000))</small> En base a una descripción de la litología, la estructura del macizo y la condición de las estructuras (especialmente los planos de estratificación), seleccione una zona en la tabla. Ubique en esa zona la posición correspondiente a la condición de las estructuras y estime el valor medio de <i>GSI</i> . <b>NO</b> trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que suponer $GSI = 35$ . <b>No</b> te que esta tabla <b>NO</b> es aplicable a problemas con control estructural. Si hay estructuras desfavorablemente orientadas ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso. En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse “desplazando hacia la derecha” el rango estimado para <i>GSI</i> para condiciones regular, mala o muy mala de las estructuras. La presión del agua no se considera al evaluar el <i>GSI</i> (análisis en esfuerzos efectivos).		CONDICION ESTRUCTURAS (PLANOS DE ESTRATIFICACION)				
COMPOSICION Y ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO		MUY BUENA Muy rugosas, superficies frescas o no Meteorizadas.	BUENA Rugosas, superficies algo meteorizadas.	REGULAR Lisas, superficies moderadamente meteorizadas y lateradas.	MALA Muy lisas, ocasionalmente pulidas, con pátinas compactas o rellenos con fragmentos angulosos.	MUY MALA Muy lisas y pulidas o de superficies muy meteorizadas, y con pátinas o rellenos de arcilla blanda.
	<b>A.</b> Estratos gruesos de arenisca de mucha blocosidad. El efecto de posibles pátinas pelíticas en los planos de estratificación se ve minimizado por el confinamiento del macizo rocoso; sin embargo, en túneles poco profundos y/o taludes, estos planos de estratificación pueden generar inestabilidades controladas estructuralmente.	70	A			20
	<b>B.</b> Arenisca con lentes delgadas de limolita.	60	B, C, D, E			
	<b>C.</b> Arenisca y limonita, en estratos de similar potencia.					
	<b>D.</b> Limolitas o esquistos limosos con estratos de arenisca.	50	F			10
	<b>E.</b> Limolitas débiles o esquistos arcillosos con estratos de arenisca.					
	<b>F.</b> Esquistos limosos o arcillosos, deformados tectónicamente, muy plegados y Cizallados, con estratos de arenisca deformados y quebrados, definiendo una estructura casi caótica.	40		30		
	<b>G.</b> Esquistos limosos o arcillosos no perturbados, con o sin intercalaciones de estratos delgados de arenisca.	N/A	N/A	G	H	
	<b>H.</b> Esquistos limosos o arcillosos, deformados tectónicamente, con una estructura caótica y bolsones de arcilla. Estratos delgados de arenisca quebrados en pequeños bloques de roca.					

→ Indica deformación por tectonismo.

Fuente: Marinos & Hoek, 2000.

Tabla 2. 9 Tipos de Macizo según GSI

Clase	Calidad de Macizo	Valor de GSI
V	Muy mala	$0 \leq \text{GSI} \leq 20$
IV	Mala	$20 < \text{GSI} \leq 40$
III	Regular	$40 < \text{GSI} \leq 60$
II	Buena	$60 < \text{GSI} \leq 80$
I	Muy buena	$80 < \text{GSI} \leq 100$

Fuente: Marinos & Hoek, 2000.

### 2.2.6. Criterio de rotura de Barton (juntas)

En la naturaleza las discontinuidades son comúnmente rugosas, siendo además su rugosidad muy irregular.

El ángulo de fricción básico  $\varphi_b$ , se utiliza en el caso de que la superficie no está meteorizada ni húmeda: si esto no ocurre así, habrá que sustituir  $\varphi_b$  por  $\varphi_r$  que es el ángulo de fricción residual y que se puede calcular según proponen Barton y Choubey (1977) mediante la expresión:

$$\varphi_r = (\varphi_b - 20) + 20(r/R)$$

Donde r es el rebote del martillo de Schmidt o esclerómetro en superficies húmedas y meteorizadas, tal como se suelen encontrar normalmente en campo, y R es el rebote del martillo de Schmidt en superficies lisas no alteradas de la misma roca. (Ramirez Oyanguren, Huerta Laín, Grijaldo Obeso, & de la Cuadra e Irizar, 2009).

### 2.2.7. Criterio de rotura de Hoek-Brown (macizo rocoso)

Empíricamente se ha demostrado que la envolvente de rotura en macizos rocosos se asemeja más a una curva que a una recta. El criterio de rotura más empleado en la actualidad es el de Hoek y Brown. Era frecuente que los programas de cálculo emplearan el criterio de Mohr Coulomb, por lo que es habitual otorgar al macizo unos valores de cohesión y fricción instantáneos obtenidos por ajuste de la recta de Mohr Coulomb a la envolvente de Hoek y Brown para un estado tensional local. El Criterio Generalizado de

Hoek y Brown es un criterio de rotura empírico que establece la resistencia del macizo rocoso en función de las tensiones principales mayor y menor. En general, es aplicable a macizos rocosos isótropos, que en la práctica se traducen a macizos intactos o muy poco fracturados (donde se emplearía la formulación de 1980) o, por el contrario, muy fracturados, más de cuatro familias de fracturas semejantes, y teniendo muy de cerca el factor escala.

## **2.2.8. Estabilidad de macizo rocoso**

### **2.2.8.1. Fallas estructurales en macizos rocosos**

Según (Hoek, 2000), en excavaciones subterráneas poco profundas, la falla es frecuentemente controlada por la presencia de discontinuidades. Para que se forme un bloque inestable que pueda caer al interior de la excavación debe de haber como mínimo tres planos de discontinuidad (Ramirez Oyanguren, Huerta Laín, Grijaldo Obeso, & de la Cuadra e Irizar, 2009). El debilitamiento estructuralmente controlado se puede analizar mediante la técnica de la proyección estereográfica (Hoek & Brown, 1985).

Las orientaciones más favorables de una excavación subterránea son aquellas que producen el menor volumen posible de cuñas potencialmente inestables. Es así que el azimut más desfavorable es aquel en el que el eje de la excavación queda paralelo al rumbo de la línea de intersección de las discontinuidades. La orientación ideal para la excavación se presenta en ángulo recto al rumbo de la línea de intersección de las dos discontinuidades (Hoek & Brown, 1985).

### **2.2.8.2. Esfuerzos alrededor de las excavaciones subterráneas**

Cuando se practica una excavación subterránea en un macizo rocoso, los esfuerzos que existían con anterioridad se perturban, y se inducen nuevos esfuerzos en la roca en las inmediaciones de la excavación (Hoek & Brown, 1985).

## 2.2.9. Método de Sostenimiento en Minería Subterránea

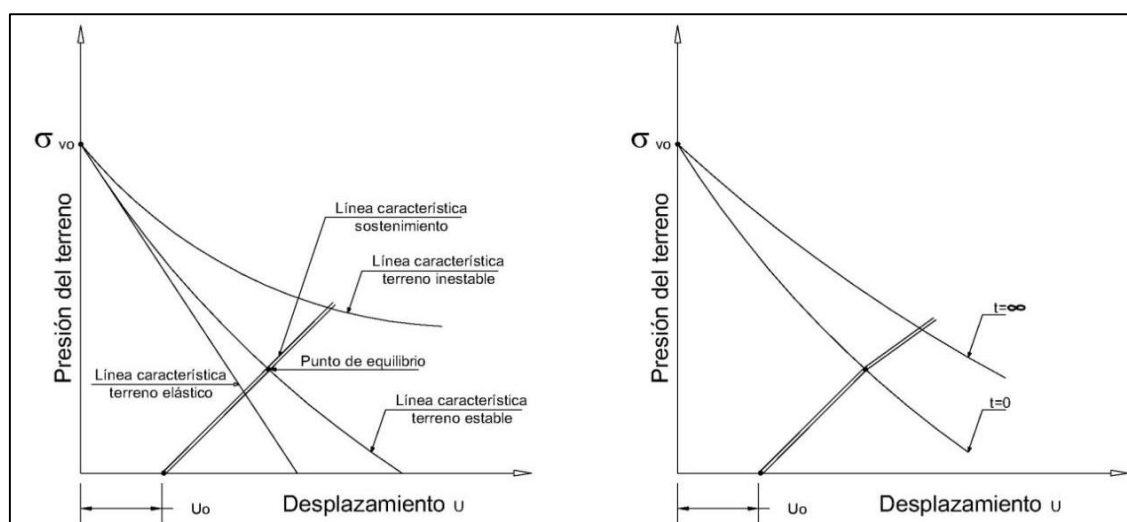
### 2.2.9.1. Diseño de Sostenimiento

El sostenimiento de las obras subterráneas debe permitir, controlar y mantener la estabilidad de las excavaciones para la seguridad del personal que trabaje o circule por ellas, a lo largo de la vida útil de las labores. El comportamiento del macizo rocoso ante las acciones naturales e inducidas determina las condiciones de estabilidad y como consecuencia las medidas de sostenimiento a aplicar. Dicha respuesta dependerá principalmente de las características geotécnicas de la masa rocosa. Si la roca es competente, con características mecánicas y resistentes elevadas y las juntas no son desfavorables, básicamente no aparecerán problemas durante las excavaciones, pudiendo comportarse de manera autoportante sin necesitar ningún tipo de refuerzo ni de sostenimiento. (Madariaga, 2015).

### 2.2.9.2. Métodos Analíticos

Se basan en el análisis de las tensiones y deformaciones tomando como base los fundamentos de la elasticidad y suponen que el comportamiento del terreno al excavar se elástico hasta que plastifica cuando alcanzar una determinada presión. (Madariaga, 2015).

Figura 2. 12 Curvas características interacción terreno-sostenimiento



Fuente: Madariaga, (2015)

Analizando las figuras anteriores se confirma que la carga de masa rocosa sobre un sostenimiento no es algo que se determina a priori ya que depende de:

- Estado de tensión del terreno.
- Propiedades mecánicas del mismo.
- Rigidez y deformabilidad del sostenimiento.
- Procedimiento constructivo.

Para aplicar este método es necesario determinar:

- Curva característica del terreno.
- Curva característica del sostenimiento.
- Perfil longitudinal de deformación del terreno referido al frente de la excavación subterránea.

Para poder formular analíticamente los conceptos anteriormente expuestos es necesario simplificar el modelo introduciendo las siguientes hipótesis:

- Galería o túnel de sección circular.
- Estado tensional hidrostático (por lo tanto, sin gravedad, lo que equivale a una excavación profunda).
- Sostenimiento axisimétrico (es decir, configurando un anillo cerrado).

### **2.2.9.3. Métodos observacionales**

En obras subterráneas, los métodos observacionales se basan esencialmente en la inspección de los movimientos del terreno cuando es excavado, medición de inestabilidades y en el análisis de la interacción terreno-sostenimiento. Demandan la existencia de una continua monitorización a fin de detectar las zonas poco seguras. Para ello, entre otras, se realizan medidas de convergencias, control de desplazamientos en el interior del macizo rocoso en las proximidades del frente de excavación, registro de las tensiones y cargas en los sostenimientos ya instalados, etc. (Madariaga, 2015).

#### 2.2.9.4. Métodos empíricos

Los métodos empíricos para el cálculo de sostenimientos se basan en las clasificaciones geomecánicas, y se utilizan de forma habitual para el diseño previo y estudios preliminares de obras subterráneas. Representan un gran número de experiencias prácticas sobre casos históricos y ofrecen una solución aproximada, rápida y sencilla al diseño del sostenimiento.

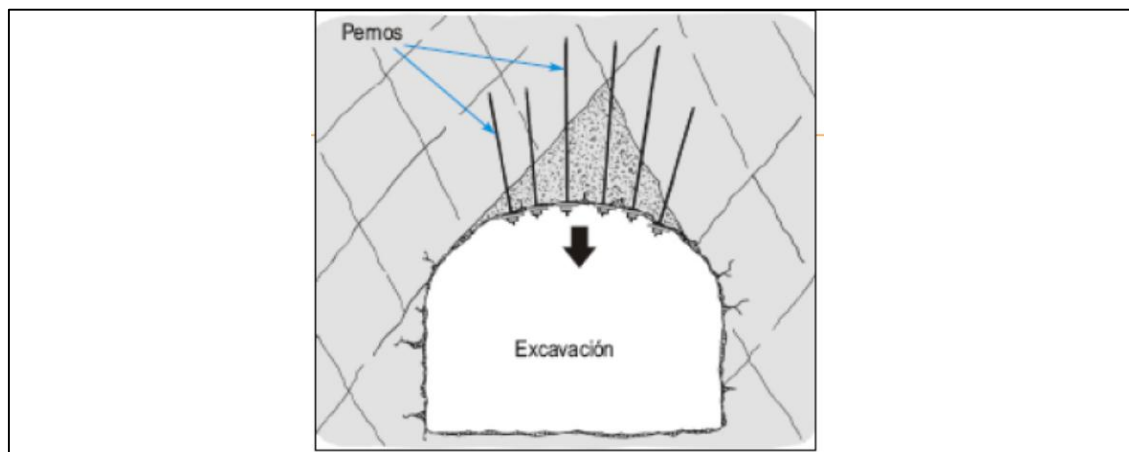
#### 2.2.10. Tipos de Sostenimiento

Los tipos de sostenimiento tenemos varios, en el proyecto de investigación se aplicará algunos de estos tipos de sostenimientos que han sido obtenidos por una evaluación geomecánica.

##### 2.2.10.1. Pernos de Roca

Los sistemas de reforzamiento con pernos de roca minimizan las deformaciones inducidas por el peso muerto de la roca aflojada, así como también aquellas inducidas por la redistribución de los esfuerzos en la roca circundante a la excavación. En general, el principio de su funcionamiento es estabilizar los bloques rocosos y/o las deformaciones de la superficie de la excavación, restringiendo los desplazamientos relativos de los bloques de roca adyacentes.

Figura 2. 13 Efecto cuña



Fuente: Madariaga, (2015)

En roca masiva o levemente fracturada y en rocas fracturadas, el papel principal de los pernos de roca es el control de la estabilidad de los bloques y cuñas rocosas potencialmente inestables. Esto es lo que se llama también el “efecto cuña”. Cuando los bloques o cuñas son aislados solo.

#### **a. Tipos de pernos**

Actualmente hay disponibles diferentes tipos de pernos de roca. Varios tipos de pernos muestran solo diferencias menores en su diseño y son básicamente variedades de un mismo concepto. Según las técnicas de anclaje que se utilizan, podemos agruparlos de la siguiente manera: pernos anclados mecánicamente, pernos de varillas cementados o con resina y pernos anclados por fricción. Aquí presentamos los pernos representativos de cada grupo, que son los más utilizados en la industria minera. Para el caso de los pernos cementados o con resina consideramos a las varillas de fierro corrugadas y las barras helicoidales, para el caso de los pernos anclados por fricción consideramos a los split sets y los swellex.

#### **Pernos de anclaje mecánico**

Un perno de anclaje mecánico, consiste en una varilla de acero usualmente de 16 mm. de diámetro, dotado en su extremo de un anclaje mecánico de expansión que va al fondo del taladro. Su extremo opuesto puede ser de cabeza forjada o con rosca, en donde va una placa de base que es plana o cóncava y una tuerca, para presionar la roca. Siempre y cuando la varilla no tenga cabeza forjada, se pueden usar varios tipos de placas de acuerdo a las necesidades de instalación requeridas. Este tipo de pernos es relativamente barato. Su acción de reforzamiento de la roca es inmediata después de su instalación. Mediante rotación, se aplica un torque de 135 a 340 MN (100 a 250 lb/pie) a la cabeza del perno, el cual acumula tensión en el perno, creando la interacción en la roca.

El diámetro del taladro es crítico para el anclaje, recomendándose un diámetro de 35 a 38 mm para los pernos comúnmente utilizados. Pierden su capacidad de anclaje como resultado de las vibraciones de la voladura o el astillamiento de la roca detrás de la placa, debido a altas fuerzas de contacto, por lo que no es recomendable utilizarlos en terrenos cercanos a áreas de voladura. Solo pueden ser usados para reforzamiento temporal. Si son



utilizados para reforzamiento permanente, éstos deben ser protegidos de la corrosión si hay presencia de agua y deben ser post-cementados con pasta de cemento entre la varilla y la pared del taladro. Proporcionan una tensión limitada que raramente sobrepasan las 12 TM.

### **Pernos de varilla cementados o con resina**

Consiste en una varilla de fierro o acero, con un extremo biselado, que es confinado dentro del taladro por medio de cemento (en cartuchos o inyectados), resina (en cartuchos) o resina y cemento. El anclaje entre la varilla y la roca es proporcionado a lo largo de la longitud completa del elemento de refuerzo, por tres mecanismos: adhesión química, fricción y fijación, siendo los dos últimos mecanismos los de mayor importancia, puesto que la eficacia de estos pernos está en función de la adherencia entre el fierro y la roca proporcionada por el cementante, que a su vez cumple una función de protección contra la corrosión, aumentando la vida útil del perno. De acuerdo a esta función, en presencia de agua, particularmente en agua ácida, el agente cementante recomendado será la resina, en condiciones de ausencia de agua será el cemento.

Dentro de este tipo de pernos, los de mayor utilización en el país son: la varilla de fierro corrugado, generalmente de 20 mm de diámetro y la barra helicoidal de 22mm de diámetro, con longitudes variables (de 5' a 12'). La primera es ya un tipo de perno convencional en nuestro medio, la segunda es de reciente introducción en la industria minera. La barra helicoidal, tiene la forma de una rosca continua a lo largo de toda su longitud, esta característica le da múltiples ventajas comparada a la anterior. Entre otros, su mayor diámetro le confiere mayor resistencia y su rosca constante permite el reajuste de la placa contra la pared rocosa. La capacidad de anclaje de las varillas de fierro corrugado es del orden de 12 TM, mientras que el de las barras helicoidales superan las 18 TM.

#### **2.2.10.2.Malla metálica**

La malla metálica principalmente es utilizada para los siguientes tres fines:

- Primero, para prevenir la caída de rocas ubicadas entre los pernos de roca, actuando en este caso como sostenimiento de la superficie de la roca.

- Segundo para retener los trozos de roca caída desde la superficie ubicada entre los pernos actuando en este caso como un elemento de seguridad.
- Tercero, como refuerzo del shotcrete. Existen dos tipos de mallas: la malla eslabonada y la malla electrosoldada

### **La Malla Electrosoldada**

Consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de número 10/08, con cocadas de 4"x4", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete). La malla viene en rollos o en planchas. Los rollos tienen 25 m de longitud x 2.0 m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0 m de longitud x 2.0 m de ancho.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Macizo rocoso**

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2004).

### **2.3.2. Matriz rocosa**

Es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de roca intacta que quedan entre ellas. La matriz rocosa, a pesar de considerarse continua, presenta comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a su fábrica y a su microestructura mineral. (Gonzales de Vallejo, 2002).

### **2.3.3. Discontinuidad**

Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Una discontinuidad es una superficie del macizo rocoso que está abierta o puede abrirse fácilmente a causa de tensiones inducidas por la excavación. Las superficies de discontinuidad aparecen durante la formación de la roca (planos de estratificación, laminación, foliación, disyunción, etc) o posteriormente por causas tectónicas (esquistosidad, pizarrosidad y las fracturas: fallas y las diaclasas (estas últimas denominadas vulgarmente “juntas”). (Jorda Bordehore, 2013).

#### **2.3.4. Orientación**

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por la dirección de buzamiento y el buzamiento de la línea de máxima pendiente en el plano de la discontinuidad. (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1987).

#### **1.3.5. Meteorización**

Denominada también intemperización, está relacionada con la modificación que sufre la superficie de la roca o en sus proximidades, debido a la acción de agentes atmosféricos. El grado de la meteorización dependerá de las condiciones climatológicas, morfológicas y la composición de la masa rocosa. La meteorización se divide en meteorización física, química y biológica. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2004).

#### **2.3.6. Alteración**

La alteración de la roca o más propiamente dicha, alteración hidrotermal, se produce por la ascensión de fluidos o gases magmáticos a altas temperaturas a través de fracturas o zonas de falla. Éstos afectan a los rellenos de las zonas de falla y sus cajas, originando reemplazamientos y rellenos, que modifican las condiciones del macizo rocoso en los cuales se emplazan. Algunos tipos de alteración, como la silicificación y en menor grado la calcificación, mejoran las características de la masa rocosa, incluyendo las zonas de falla. Otros, como la propilitización, disminuyen levemente las condiciones debido a la presencia de cloritas en las paredes de las fracturas. La sericitización y la argilitización (aumento de minerales arcillosos) son las alteraciones más desfavorables para los macizos rocosos donde se emplazan. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2004).

### **2.3.7. Factor de seguridad**

El Factor de Seguridad es una medida determinista de la relación entre las fuerzas de resistencia (capacidad) y las fuerzas impulsoras (demanda) del sistema en su entorno considerado. El FoS es el criterio más básico de diseño aceptado en la ingeniería. En geomecánica saltó a la fama a mediados del siglo 20, cuando la ingeniería geotécnica se desarrolló como una disciplina de ingeniería independiente en 1940. (Read & Stacey, 2009).

## **2.4. Hipótesis de la investigación**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Evaluando las características geomecánicas se logrará un adecuado diseño de labores, por lo tanto, estarán relacionadas a la estabilidad de labores subterráneas en el proyecto San Gabriel CIA de Minas Buenaventura.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Las características geomecánicas como; la orientación de las discontinuidades, el espaciado, la persistencia, la rugosidad de las juntas, la apertura, el relleno, meteorización, alteración y la presencia de agua serán de características similares en labores en el proyecto San Gabriel CIA de Minas Buenaventura.
- Las labores de exploración serán físicamente estables en labores de exploración en el proyecto San Gabriel CIA de Minas Buenaventura.

## CAPÍTULO III

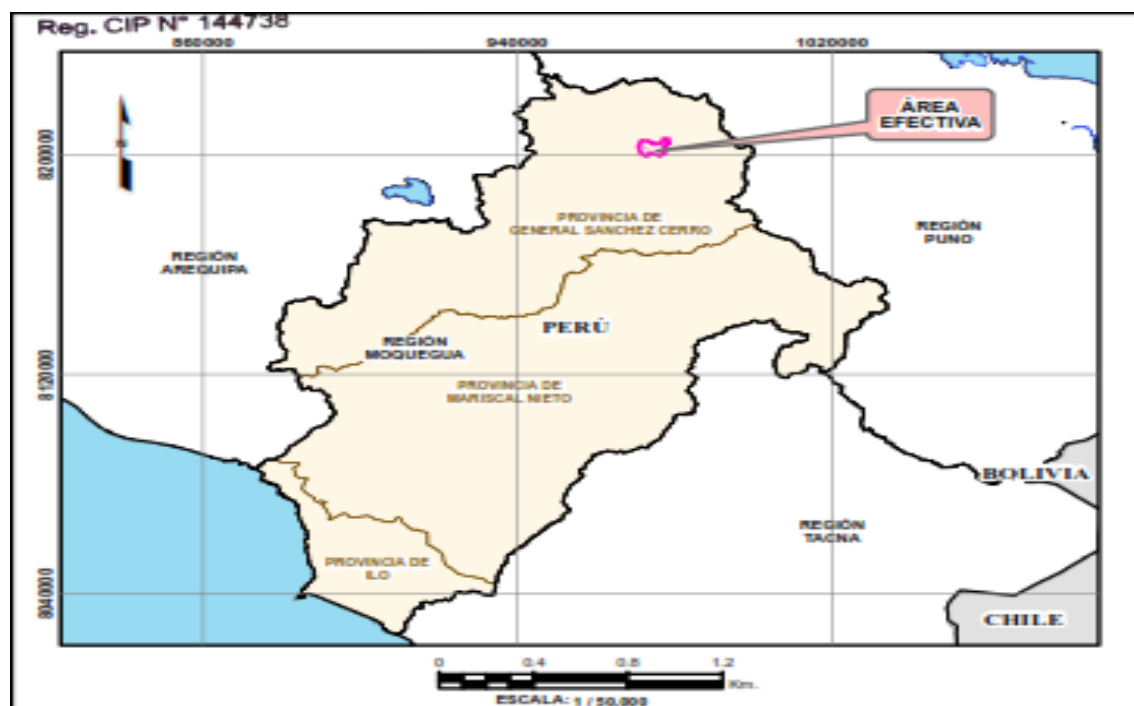
### MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Ubicación Geográfica

##### 3.1.1. Ubicación

Políticamente, el proyecto se encuentra ubicado en los Distritos de Ichuña y Lloque, Provincia de General Sánchez Cerro, Región Moquegua, a aproximadamente 835 km de Lima y 136 km de la ciudad de Moquegua.

Figura 3. 1 Esquema de ubicación del proyecto San Gabriel.



Fuente: Estudio de impacto ambiental detallado.

El proyecto abarca terrenos de las Comunidades Campesinas Santa Cruz de Oyo Oyo, Maycunaca y Antajahua, Comunidad Campesina Corire y Comunidad Campesina Santiago de Chucapaca. Geográficamente, el proyecto se encuentra asentado en los Andes meridionales del Perú, a una altitud que varía entre los 4 400 y 5 100 m.

### 3.1.2. Accesibilidad

Existen dos alternativas de acceso al proyecto por vía terrestre y por vía aérea hasta la ciudad de Juliaca. La primera alternativa es a través de la ruta: con dirección a Moquegua; Puno – Titire – Ichuña por donde se toma la vía interoceánica y tiene un recorrido total de 174 km.

La segunda ruta es a través de la vía Juliaca – Titire – Ichuña, cuyo tramo es de 219 km. Por otro lado, en el Cuadro 3. 1 se presentan las distancias entre el punto medio del área efectiva de exploración de labores subterráneas del proyecto san Gabriel CIA de minas Buenaventuras y los centros poblados cercanos.

Cuadro 3. 1 Distancia aproximada del proyecto y diferentes centros poblados

Centro poblado	Distancia al proyecto km	
Moquegua – Proyecto San Gabriel	136,2	
Puno – Proyecto San Gabriel	124,6	
Titire – Proyecto San Gabriel	40,6	
Palca – Proyecto San Gabriel	7.1	
Chaclaya – Proyecto San Gabriel	8,3	
Distrito de Ichuña – Proyecto San Gabriel	22,5	
Distrito de Lloque – Proyecto San Gabriel	3,5	
C.C. Corire – Proyecto San Gabriel	6,6	
C.C. Santa Cruz de Oyo Oyo, Maycunaca y Antajahua – Proyecto San Gabriel	5,6	
C.C. Santiago de Chucapaca	Este (m)	332 743,5
Centroide (coordenadas UTM - Datum WGS84, zona 19S)	Norte (m)	8 207 029,4

Fuente: INSEO.

## **3.2. Aspectos físicos**

### **3.2.1. Fisiografía y Geomorfología**

#### **3.2.1.1. Fisiografía**

La descripción fisiográfica incide en los aspectos externos (pendiente, magnitud del relieve, disección, rugosidad, etc.) que suelen ser determinantes para las particularidades del proyecto. La fisiografía es la base de la caracterización geomorfológica, y por ello las diferentes formas de tierra se agrupan en conjuntos morfológicos sencillos muy generales.

El área de estudio del proyecto se encuentra entre 4 000 y 5 100 m de altitud. En general corresponde a una divisoria de cuencas, donde se han identificado procesos geomorfológicos fluviales, fluvioglaciares y de origen tectónico. Las elevaciones mayores del área de estudio se encuentran en el área central y occidental (Cerros Chucapaca, Machuyoc, Pachacutec e Icho Ccollo). Hacia el sur del área del proyecto se presenta un relieve más suave en el que se encuentran pequeñas lagunas, siendo las más importantes: Pescococha, Mate Cocha y Yanasalla

#### **3.2.1.2. Geomorfología**

El área de evaluación geomecánica de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura se encuentra al noreste de la Región de Moquegua en el flanco occidental de la cordillera Occidental de los Andes, donde también se pueden identificar zonas altiplánicas. Esta área está conformada por una variedad de litologías que corresponden a unidades lito estratigráficas, cuyo origen va desde el Paleozoico hasta el Terciario, así como cobertura cuaternaria. Un patrón determinante a nivel regional corresponde a la presencia de la superficie Puna, la cual se ha formado durante el período Terciario como consecuencia de la orogenia andina. Adicionalmente esta zona ha sido fuertemente modelada por la erosión glacial durante el período Pleistocénico lo que ha definido la morfología de las planicies onduladas; y durante el período Holoceno, por la acción erosiva de los ríos principalmente aquellos pertenecientes a la cuenca del Pacífico. El origen de la cordillera Occidental está directamente relacionado a la orogénesis andina producida durante el Terciario. El núcleo de esta cordillera corresponde a los sedimentos

depositados dentro de la cuenca andina, antes del ciclo tectónico andino. Relacionado a este proceso se ha definido también la superficie Puna.

El relieve exhibe variaciones pudiéndose distinguir dos regiones diferenciadas:

- La vertiente montañosa de la cordillera Occidental, con moderadas y fuertes pendientes, donde el principal agente modelador son las precipitaciones, y con una cobertura vegetal variable incluyendo matorrales, pajonales y vegetación de suelos crioturbados.
- La superficie Puna, ubicada al sur del área de estudio ambiental, presenta una baja pendiente y una cobertura vegetal predominante de vegetación de plantas almohadilladas, como son las especies del género *Pycnophyllum* conocidas por su nombre común “pesque pesque” en el área del proyecto.

El drenaje principal lo constituye a nivel regional los ríos Ichuña, Crucero y Jayumayo. El río Ichuña presenta una orientación E-O, discurriendo hacia el oeste. El río Crucero que forma posteriormente el río Ichuña presenta una orientación S-N y luego E-O, discurriendo inicialmente hacia el norte y luego hacia el oeste. Finalmente, el río Jayumayo discurre de norte a sur. Todos estos forman parte de la cuenca del río Tambo.

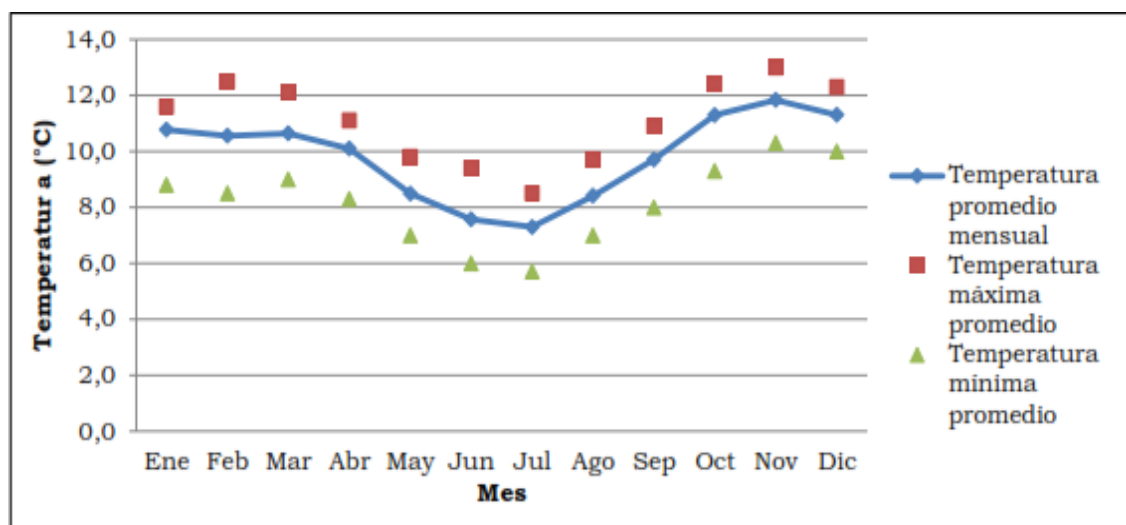
### **3.3. Clima meteorología**

#### **3.3.1. Clima**

Para la caracterización climática del área de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura, se utilizó la información de los registros de la estación meteorológica Ichuña, perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), dos estaciones meteorológicas automáticas y un pluviómetro instalados en las inmediaciones del área del proyecto, (Katrina, Canahuire y Corire, ubicadas en las comunidades campesinas Santiago de Chucapaca y Corire, respectivamente). El presenta una descripción de las estaciones utilizadas de registro. La distribución espacial de las referidas estaciones se observa en la Figura 3. 2.



Figura 3. 2 Temperatura promedio mensual (°C) – Estación Ichuña (2002 – 2014)

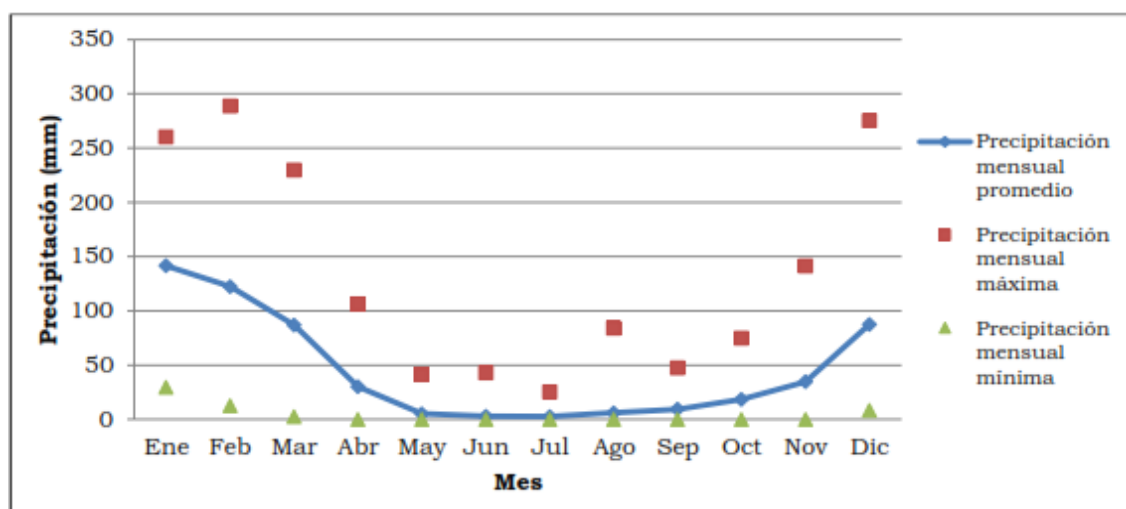


Fuente: SENAMHI

### 3.3.2. Precipitación

De los registros de precipitación total mensual de la estación Ichuña (1965 – 2014) el inicio de las precipitaciones fluviales se ve a medianos del mes de diciembre hasta el mes de abril y tenemos los siguientes valores; se determinó que la precipitación total anual media es de 544,9 mm, con valores que varían desde 236,9 mm en un año seco; hasta 874,2 mm en un año húmedo (Figura 3. 3).

Figura 3. 3 Variación de la precipitación total (mm) mensual – Estación Ichuña (1965 – 2014)



Fuente: SENAMHI

### 3.4. Geología

#### 3.4.1. Geología regional

A continuación, se describen las características geológicas regionales que han sido descritas por INGEMMET y por Golder.

El marco geológico está determinado por la unidad morfoestructural de la cordillera Occidental, la cual presenta un núcleo de rocas paleozoicas fuertemente falladas y plegadas, las que han sido modificadas durante las fases tectónicas de orogenia Hercínica, Nevadiana, Andina, y otros procesos tectónicos menores.

En el contexto regional cuadrángulo de Ichuña (INGEMMET, 2000) las unidades geológicas se extienden desde el Jurásico, representado por el Grupo Yura, hasta el Cuaternario Reciente. El Grupo Yura es a su vez una de las Formaciones más recurrentes en los afloramientos de este cuadrángulo, y la roca más antigua que aflora en el contexto regional, convirtiéndose en el basamento del área.

Sobre esta formación yace la Formación Murco de edad cretácico compuesta por una secuencia silico clástica de color rojizo. Dentro de la sucesión cenozoica, se presenta una serie de unidades estratigráficas, que están separados por cambios estructurales relacionados con los eventos tectónicos. La base de la sucesión cenozoica consiste en gruesas capas clásticas continentales de color rojo que corresponden al Grupo Puno, que sobreyacen en discordancia sobre el basamento deformado del Mesozoico. Las lavas básicas e intermedias, y las brechas del Grupo Tacaza se encuentran en discordancia sobre el Grupo Puno, las cuales se distribuyen ampliamente y representan una importante provincia ígnea en todo el sur de Perú.

En discordancia sobre las lavas del Grupo Tacaza se encuentran los sedimentos lacustres del Grupo Maure, que contienen un componente importante vulcano- clástico. Simultáneamente con la sedimentación lacustre del Grupo Maure se produjo un volcanismo masivo que condujo a la formación de las rocas del Grupo Sillapaca. Este grupo incluye intercalaciones de lavas intermedias en la parte superior de los sedimentos del Grupo Maure y el desarrollo local de domos volcánicos félsicos.

En la región, una serie de pequeños centros volcánicos son posteriores a los sedimentos lacustres del Grupo Maure. Estos centros volcánicos han sido asignados al Grupo de Barroso, que hizo erupción desde el final del Mioceno hasta el Pleistoceno. El Grupo Barroso consiste en extensas y gruesas capas de rocas volcánicas en discordancia con los sedimentos del Grupo Maure, reconociéndose dos formas de emplazamientos del Grupo Barroso en la región: lavas basálticas y complejos volcánicos o centros volcánicos.

### **3.4.2. Geología local**

La geología del yacimiento está dominada por unidades sedimentarias muy plegadas del Grupo Yura, que albergan la mineralización asociada a una diatrema cerca del margen occidental del complejo volcánico Chucapaca. Al este y sur este de la diatrema tienen lugar un domo riolítico y dos diques del referido complejo volcánico. El domo presenta textura afanítica (grano fino) y bandeamiento de flujo. Los diques riolíticos presentan una textura más afanítica.

#### **3.4.2.1. Características estructurales**

La diatrema Canahuire y la mineralización asociada se localizan en el cierre noroccidental de un anticlinal con rumbo noroeste, denominada "Anticlinal Canahuire".

El Anticlinal Canahuire tiene un eje con rumbo noroeste, con una tendencia aproximada de  $105^{\circ}$ - $120^{\circ}$  N y un plano axial vertical. El anticlinal es discontinuo en el área de la diatrema y exhibe dos ejes subparalelos, separados 350 m aproximadamente.

Asimismo, se han reconocido tres fallas principales en el área del yacimiento. Dos fallas de tendencia noroeste (las fallas norte y sur  $115^{\circ}$  N) que tienen lugar a lo largo de los márgenes norte y sur de la diatrema, y varias fallas transversales de tendencia noreste ( $65^{\circ}$  N) que tienen lugar al este de la diatrema.

### 3.4.3. Alteración y mineralización

La alteración y mineralización en el yacimiento están estrechamente relacionadas con un sistema magmático-hidrotermal, y son relativamente contemporáneas. En el yacimiento se distinguen cuatro facies principales de alteración:

- Siderita -cuarzo (sideritización).
- Esmectita -illita –caolinita -cuarzo (argilización).
- Silicificación.
- Descalcificación.

Así también se distinguen dos etapas de mineralización: una etapa temprana de pirita, marcasita, pirrotina, arsenopirita, melnikovita y wolframita; y una principal de oro: arsenopirita, calcopirita, estibina, bismutinita, tenantita tetraedrita, esfalerita y galena.

La zona mineralizada de Au-Cu está caracterizada por la calcopirita como portador principal de cobre junto con el oro nativo, pirita, bismutinita, estibina y arsenopirita. Se ha observado que el mineral de Au-Cu tiene leyes más altas en donde las brechas contienen clastos de caliza alterados y reemplazados por siderita.

Conforme a las composiciones minerales de las principales etapas minerales se ha determinado que corresponden a estados intermedios de sulfuración. Prueba de ello es la presencia de arsenopirita, pirita, esfalerita, bismutinita y estibina que son características de estos estados.

En general, la distribución de metales en el yacimiento se presenta en diferentes zonas. Es así que los metales plata, arsénico y antimonio son encontrados en los niveles superficiales, mientras que el oro se encuentra en niveles más profundos y cubierto parcialmente por cobre en los niveles menos profundos del yacimiento.

### 3.5. Diseño metodológico.

Consideramos a la presente investigación dentro del diseño metodológico descriptivo no experimental, en razón a las variables desarrolladas en la investigación.

#### 3.5.1. Metodología de las investigaciones

Los trabajos realizados comprendieron la ejecución de investigaciones de campo, pruebas de laboratorio y labores de gabinete, utilizando todos los criterios definidos en esta investigación de tesis.

En el campo se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión y análisis de la información disponible.
- Reconocimiento geológico-geomorfológico de la zona.
- Mapeo geotécnico de exposiciones rocosas subterráneas.
- Mapeo geotécnico de los testigos disponibles de las perforaciones diamantinas.
- Ensayos in-situ de impacto con el martillo Schmidt de dureza para estimar la resistencia compresiva de la roca.
- Ensayos del tablero inclinable (tilt test) sobre testigos de perforación diamantina, para determinar los parámetros de resistencia al corte de las discontinuidades estructurales.
- Toma de muestras rocosas para la ejecución de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.
- Recopilación de información adicional (planos, informes, etc.), de interés para el estudio.

En laboratorio se realizaron los siguientes trabajos:

- Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las rocas en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

En gabinete se llevó a cabo lo siguiente:

Revisión de literatura especializada e información concerniente a los trabajos geomecánicos previos efectuados en Mina, las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas buenaventura.

- Elaboración de los planes de trabajo, referentes a los detalles prácticos de la ejecución del estudio.
- Procesamiento y análisis de la información registrada en el mapeo geotécnico: aplicación de técnicas estereográficas y estadística convencional.
- Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la roca intacta, discontinuidades y masa rocosa.
- Clasificación geomecánica de la masa rocosa, a partir de la información procesada del mapeo geotécnico.
- Zonificación geomecánica.
- Evaluación de los factores complementarios de influencia sobre la estabilidad (agua subterránea, esfuerzos, voladura).
- Preparación de los datos de entrada y ejecución de los análisis de estabilidad (diseño).
- Establecimiento de las alternativas de minado, referentes a las medidas de control de la estabilidad y a la recuperación del mineral remanente.
- Redacción de la tesis.

### **3.5.2. Población**

La presente investigación se realizará en las labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura, ubicado en el distrito de Ichuña, provincia General de Sánchez Cerro, Región Moquegua.

Teniendo como población las labores subterráneas.

### **3.5.3. Muestra**

El muestreo se realizará por muestreo universal.

- Macizo rocoso.

- Roca intacta.
- Discontinuidades.
- Litología.

### 3.6. Variables

#### 3.6.1. Variables independientes

Las variables independientes más importantes son las siguientes:

##### a. Tamaño de excavación

- Altura de excavación
- Dirección de excavación
- Longitud de excavación
- Gradiente

##### b. Datos estructurales

- Dirección de buzamiento
- Buzamiento

##### c. Propiedades de las discontinuidades

- Espaciado
- Persistencia
- Rugosidad
- Apertura
- Relleno
- Agua
- Meteorización
- Alteración

#### **d. Datos de laboratorio**

- Peso específico o densidad
- Resistencia a la compresión uniaxial

#### **3.6.2. Variable dependiente**

Las variables dependientes son las condiciones de estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel.

### **3.7. Técnicas de recolección de datos**

#### **3.7.1. Investigaciones de campo**

Las investigaciones de campo constituyen la parte esencial de los estudios geológicos-geotécnicos necesarios para un proyecto de estabilidad de excavaciones subterráneas. De ellos se obtienen los parámetros y propiedades que definen las condiciones del macizo rocoso.

El objetivo de las investigaciones de campo es conocer y cuantificar las condiciones de los materiales con los que se van a trabajar, ya que estos pueden afectar la estabilidad de una excavación subterránea.

Para el presente estudio se realizarán:

- Mapeo geológico.
- Mapeo geotécnico.
- Geometría de excavación.
- Caracterización del macizo rocoso.
- Clasificación geomecánica.
- Análisis de estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel.



### 3.7.2. Ensayos de laboratorio

Se realizarán ensayos que permitan determinar los diferentes parámetros las propiedades mecánicas de las litologías presentes en las labores de exploración en el proyecto para los análisis, en tal forma que sean lo más representativos de las situaciones reales en las labores subterráneas.

Los ensayos de laboratorio a utilizar son los siguientes:

- Determinación de la densidad.
- Ensayo de compresión uniaxial (UCS).
- Ensayo de carga puntual (PLT).
- Ensayo de corte directo en discontinuidades.

### 3.8. Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizará con la utilización de Programas exclusivos para la evaluación de estabilidad de excavaciones subterráneas.

Los datos de laboratorio serán procesados en el software RocData v.4.0 de Rocscience.

Los datos de la caracterización geomecánica de la excavación serán almacenados en el software Microsoft Excel y procesados en el software Dips v.6.0 de Rocscience.

Los análisis de estabilidad de esfuerzo, deformación por el método de elementos finitos se realizará en el software Phase<sup>2</sup> v.8.0 de Rocscience.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización de roca intacta

Se ejecutaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la roca intacta. Las muestras fueron tomadas de bloques de roca.

Los ensayos de mecánica de rocas fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde se ejecutaron los siguientes ensayos:

- Propiedades Físicas: densidad, porosidad y absorción.
- Propiedades de Resistencia Mecánica: carga puntual, compresión uniaxial, tracción indirecta, y compresión triaxial.
- Propiedades Elásticas: Módulo de Young y relación de Poisson.

##### 4.1.1. Propiedades Físicas

A partir de las muestras de roca intacta se determinó las siguientes propiedades físicas: porosidad ( $\eta$ ), densidad seca ( $\rho_d$ ) y absorción; las mismas que fueron ensayadas siguiendo los métodos sugeridos por la ISRM (1979). Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 4. 1 y 4. 2. En promedio tenemos que la densidad seca es  $2.77 \text{ gr/cm}^3$ .

Cuadro 4. 1 Resultados de Propiedades Físicas de Muestras de roca

Muestra	Sub-muestra	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)
SG-M-01	A	2.735	2.754	1.951	0.713
	B	2.813	2.825	1.203	0.428
	C	2.803	2.818	1.509	0.538
	D	2.741	2.763	2.175	0.794
	<b>Promedio</b>	<b>2.773</b>	<b>2.790</b>	<b>1.709</b>	<b>0.618</b>

Fuente: PUCP

Cuadro 4. 2 Resultados de Propiedades Físicas de Muestras de roca

Muestra	Sub-muestra	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)
SG-M-02	A	2.776	2.784	0.781	0.281
	B	2.739	2.752	1.332	0.486
	C	2.786	2.794	0.809	0.290
	D	2.795	2.803	0.773	0.276
	<b>Promedio</b>	<b>2.774</b>	<b>2.783</b>	<b>0.924</b>	<b>0.334</b>

Fuente: PUCP

#### 4.1.2. Resistencia de la roca intacta

##### 4.1.2.1. Índice de carga puntual.

El ensayo de carga concentrada determina el Índice Is50 en testigos de roca que requieren de poca preparación y que pueden tener formas regulares o irregulares. Este índice se utiliza en la clasificación geomecánica de macizos rocosos y para estimar la resistencia a la compresión simple de la roca intacta.

El Cuadro 4. 3, resume los valores obtenidos y finalmente se tiene un promedio Is igual a 9.08 MPa.

Cuadro 4. 3 Resumen de valores  $I_{s50}$  de los ensayos de carga puntual

Muestra	Sub-muestra	Distancia entre puntas cónicas D (mm)	Longitud L (mm)	Carga P (kN)	De (mm)	$I_{s(50)}$ (MPa)
SG-M-01	A	36.10	80.60	16.00	36.10	10.60
	B	36.00	81.80	13.00	36.00	8.65
	C	36.10	79.80	12.00	36.10	7.95
	D	36.00	79.50	15.00	36.00	9.98
SG-M-02	A	35.00	78.70	11.00	35.00	7.65
	B	36.10	80.00	9.00	36.10	5.96
	C	36.20	79.70	13.00	36.20	8.58
	D	36.10	80.30	20.00	36.10	13.25
<b>Promedio</b>						<b>9.08</b>

Fuente: PUCP

#### 4.1.2.2. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta

Para estimar la resistencia a la compresión simple se realizaron pruebas de laboratorio, las mismas que fueron ensayadas siguiendo los métodos sugeridos por la ISRM.

Cuadro 4. 4 Resumen de resultados obtenidos de resistencia a la compresión uniaxial

Muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a la Compresión Simple ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
SG-M-01-A	3.61	7.87	14000.00	1367.80	134.14
SG-M-01-B	3.60	7.98	16800.00	1650.49	161.86
SG-M-02-A	3.61	7.88	11200.00	1094.24	107.31
SG-M-02-B	3.60	8.01	9400.00	923.49	90.56
<b>Promedio</b>				<b>1259.0</b>	<b>123.47</b>

Fuente: PUCP

El Cuadro 4. 4, muestra los resultados obtenidos producto a los ensayos de laboratorio, del cual podemos indicar que la roca presenta una resistencia a la compresión uniaxial alta, el valor promedio es 123.47 MPa.

#### 4.1.2.3. Resistencia a la tracción

Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 4.5, teniendo como promedio de resistencia a la tracción un valor de 11.02 MPa.

Cuadro 4. 5 Resumen de resistencia a la tracción

Muestra	Sub-muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (MPa)
SG-M-01	A	3.60	2.04	2400.00	208.05	20.40
	B	3.60	2.05	1200.00	103.52	10.15
	C	3.60	2.06	2000.00	171.69	16.84
	D	3.60	2.05	800.00	69.01	6.77
SG-M-02	A	3.60	2.01	1300.00	114.37	11.22
	B	3.60	2.02	1500.00	131.32	12.88
	C	3.60	2.06	400.00	34.34	3.37
	D	3.60	2.02	450.00	39.39	3.86
	E	3.60	1.96	1550.00	139.85	13.71
<b>Promedio</b>					<b>112.39</b>	<b>11.02</b>

Fuente: PUCP

#### 4.1.2.4. Resistencia a la compresión triaxial

El ensayo triaxial es de importancia cuando se quieren obtener parámetros intrínsecos de la roca intacta que no se pueden obtener con otros ensayos, estos datos son importantes en la obtención de valores de resistencia del macizo rocoso que se utiliza en el análisis de estabilidad de excavaciones subterráneas por el método numérico.

Cuadro 4. 6 Resumen de valores de confinamiento y resistencia a la compresión en un ensayo de compresión triaxial.

Muestra	Sub Muestra	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	$\sigma_{1max}$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)
SG-M-01	A	3.61	7.48	18400.00	176.29	2.00
	B	3.61	7.64	14000.00	134.14	4.00
	C	3.60	7.98	20400.00	196.54	6.00
	D	3.62	7.99	21400.00	203.90	8.00
	E	3.62	8.00	17600.00	167.70	10.00
SG-M-02	A	3.61	8.02	11000.00	105.39	2.00
	B	3.61	7.98	13800.00	132.22	4.00
	C	3.62	7.98	24600.00	234.39	6.00
	D	3.61	7.99	13200.00	126.47	8.00
	E	3.61	8.61	20200.00	193.54	10.00

Fuente: PUCP

El Cuadro 4.7, muestra los valores obtenidos registrando los valores del 8 al RocData.

Cuadro 4. 7 Valores obtenidos de un ensayo de compresión triaxial

Muestra	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$	$E_i$ (MPa)	modulus ratio	$\phi$ (°)	cohesion (MPa)	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{cm}$ (MPa)	$E_m$ (MPa)
Arenisca Cuarzosa SG-M-1	159.478	3.54	43857	275	34.2	43.013	-45	159.48	151.305	43608
Arenisca Cuarzosa SG-M-2	93.702	26.6	25768	275	57.6	12.664	-4.525	93.702	96.2	25622
<b>Promedio</b>	<b>126.59</b>	<b>15.07</b>	<b>34812.5</b>	<b>275</b>	<b>45.9</b>	<b>27.8385</b>	<b>-24.76</b>	<b>126.591</b>	<b>123.7525</b>	<b>34615</b>

Fuente: RocData - Rocscience Inc.

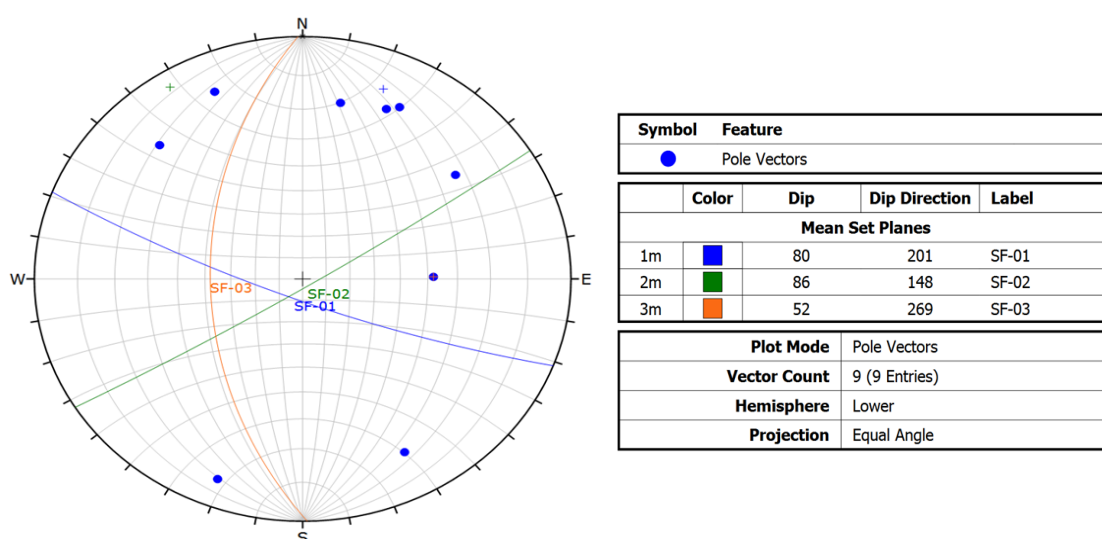
#### 4.2. Caracterización geomecánica del macizo rocoso

Se realizó mapeo geomecánico por el método de celdas o ventana, estos fueron definidos en los cambios de características geomecánicas evidentes, con la cual se elaboró un plano de zonificación geomecánica (Anexo 01-B).

### 4.2.1. Fallas

Dentro de la zona de proyecto, se considera 3 orientaciones principales de las fallas, las cuales fueron identificadas y cuya distribución se representa en la Figura 4. 1.

Figura 4. 1 Representación estereográfica de las estructuras principales (fallas) en el Proyecto San Gabriel.

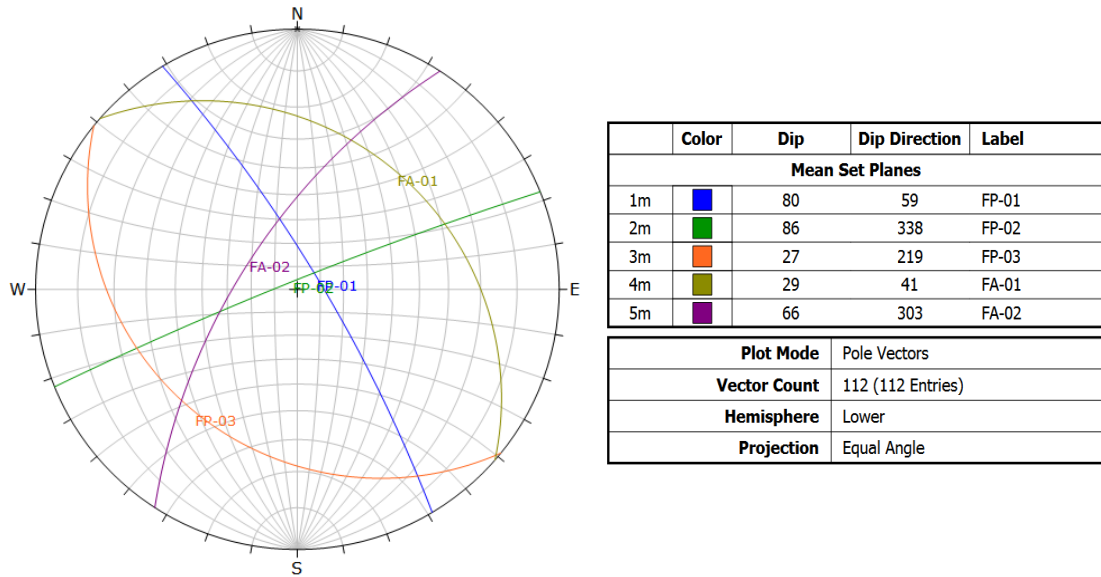


Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.2. Discontinuidades

Con la información levantada en los mapeos geomecánicos por estaciones se encontraron 5 sistemas de discontinuidades principales con orientaciones (Dirección de buzamiento/buzamiento):  $59^{\circ}/80^{\circ}$ ,  $338^{\circ}/86^{\circ}$ ,  $219^{\circ}/27^{\circ}$ ,  $41^{\circ}/29^{\circ}$  y  $303^{\circ}/66^{\circ}$  se representa en la Figura 4. 2.

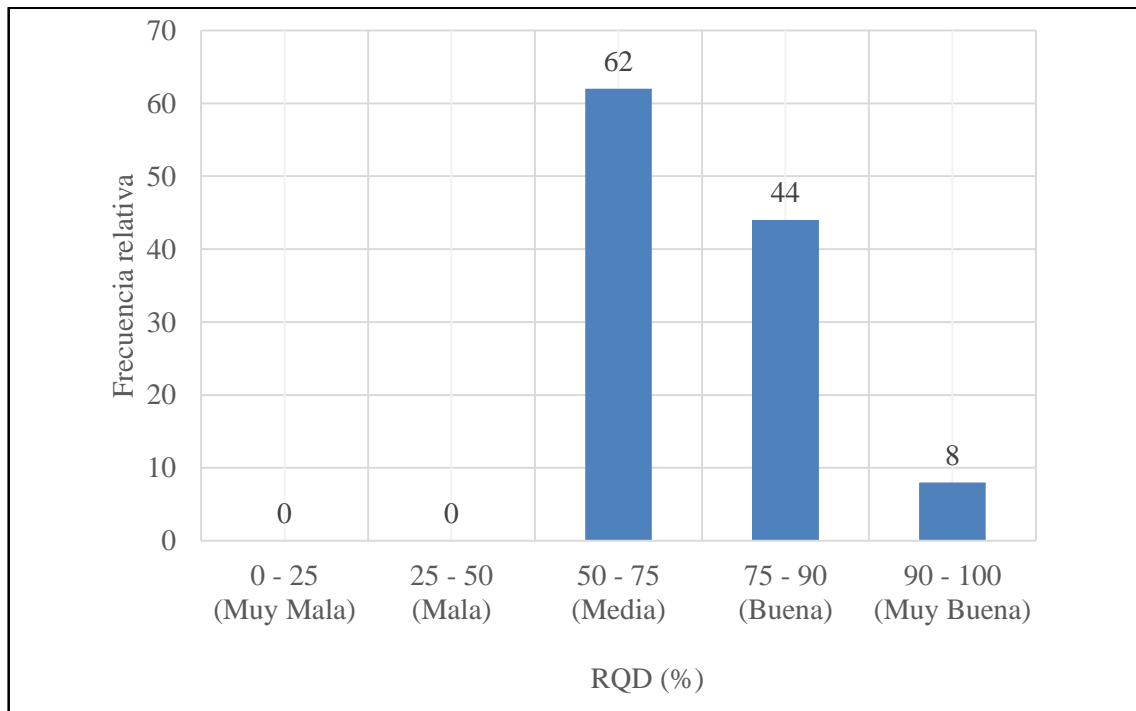
Figura 4. 2 Representación estereográfica de las (estructuras menores) presentes en el Proyecto San Gabriel.



Fuente : Elaboración Propia

### 4.3. Índice RQD (Rock Quality Designation)

Figura 4. 3 Histograma de los valores de RQD que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.



Fuente : Elaboración Propia



El índice de designación de la calidad de la roca RQD (Deere, 1964) provee un estimado cuantitativo de la calidad de la masa rocosa a partir de los mapeos geomecánicos realizados, las fichas geomecánicas del Anexo 03

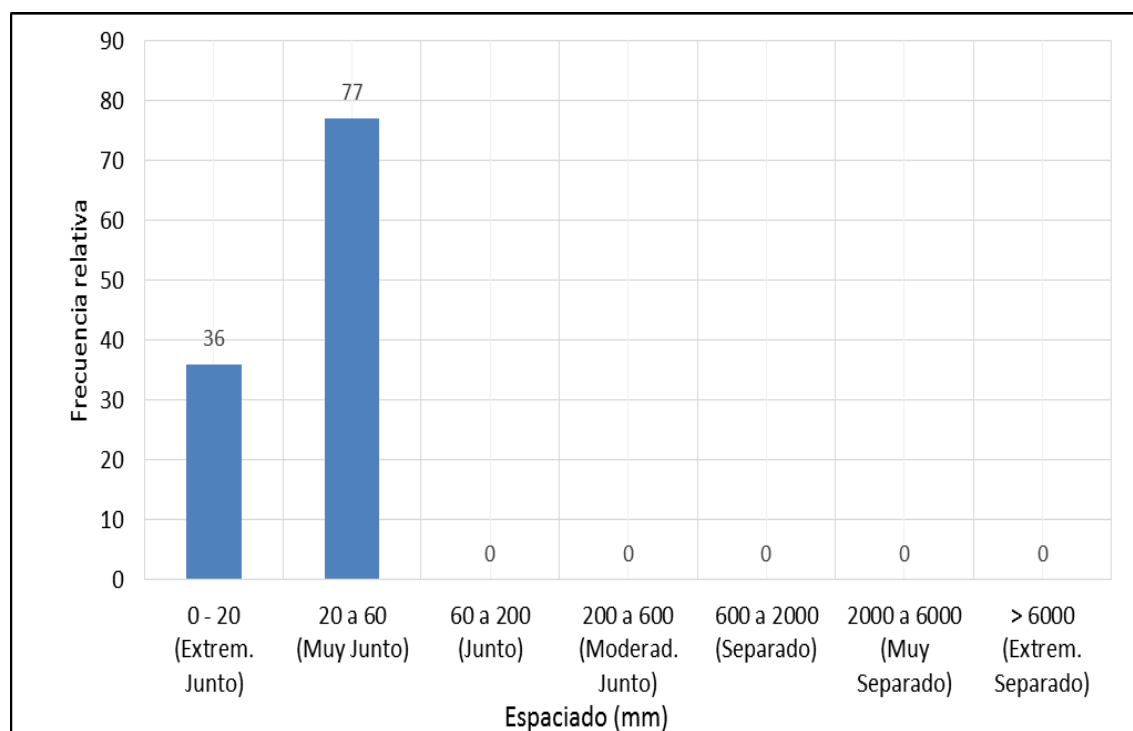
Del análisis estadístico de los valores de RQD que se muestran en la Figura 4. 3, tenemos que el RQD representativo presente en el Proyecto San Gabriel es de Media a Buena.

### 4.3.1. Espaciamiento de las estructuras

El espaciado de las discontinuidades fue medida colocando una cinta métrica perpendicular a las discontinuidades.

Se presenta un histograma en la Figura 4. 4 con los espaciados de todas las discontinuidades caracterizadas en las fichas geomecánicas del Anexo 03. El espaciado de las estructuras presentes en mayor porcentaje las describimos con un espaciado muy junto a extremadamente junto.

Figura 4. 4 Histograma del espaciado de las estructuras en el Proyecto San Gabriel.



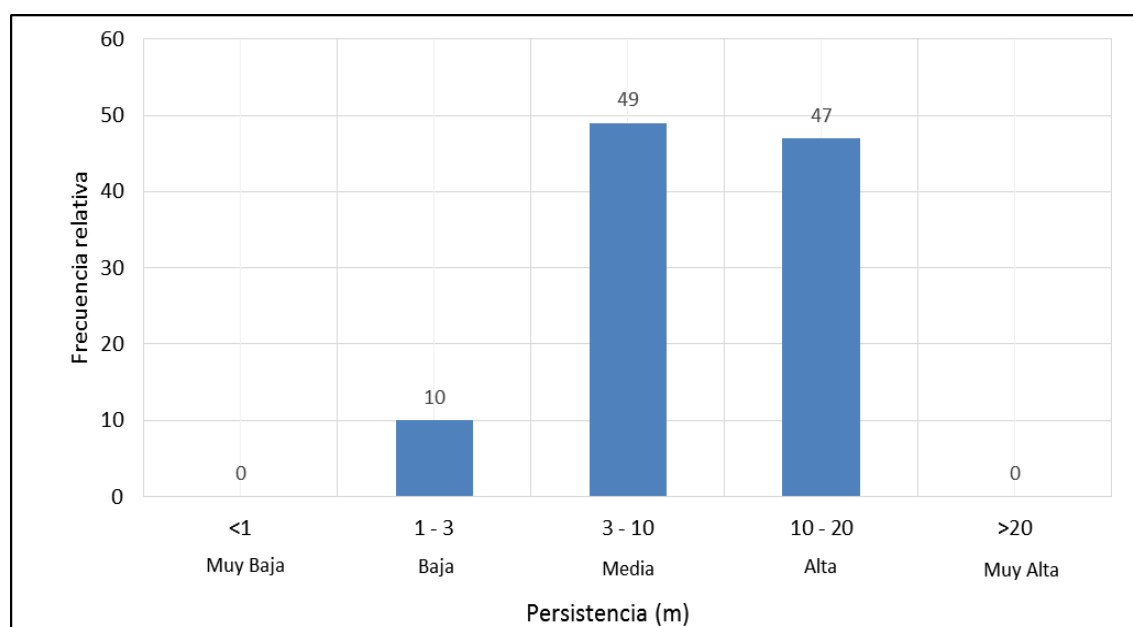
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2. Continuidad o persistencia

Como este concepto hace referencia a la extensión o tamaño de las discontinuidades.

La Figura 4. 5 nos presenta un histograma con los valores de persistencia de todas las discontinuidades caracterizadas en las fichas geomecánicas del Anexo 03. La persistencia de las estructuras presentes en mayor frecuencia corresponde a una persistencia media y alta.

Figura 4. 5 Histograma de las medidas de persistencia de las estructuras en el Proyecto San Gabriel.



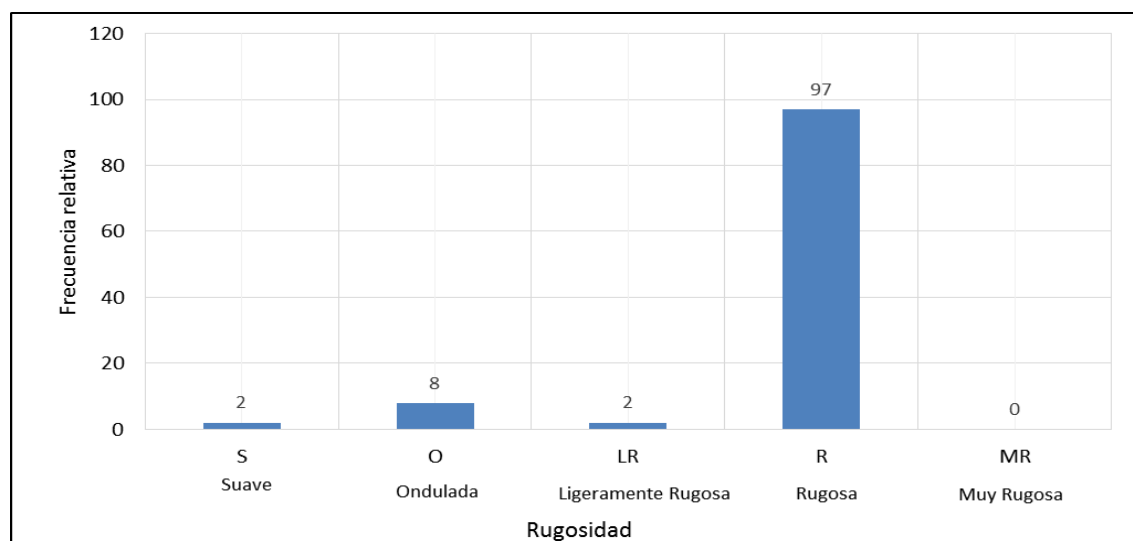
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.3. Rugosidad

Fueron identificados los tipos de rugosidad en el campo con la ayuda de perfiles de rugosidad.

Se presenta un histograma en la Figura 4. 6 con los valores de rugosidad de todas las discontinuidades caracterizadas en las fichas geomecánicas del Anexo 03. La superficie de las discontinuidades está caracterizada por ser rugosa.

Figura 4. 6 Histograma de la rugosidad de las estructuras en el Proyecto San Gabriel.

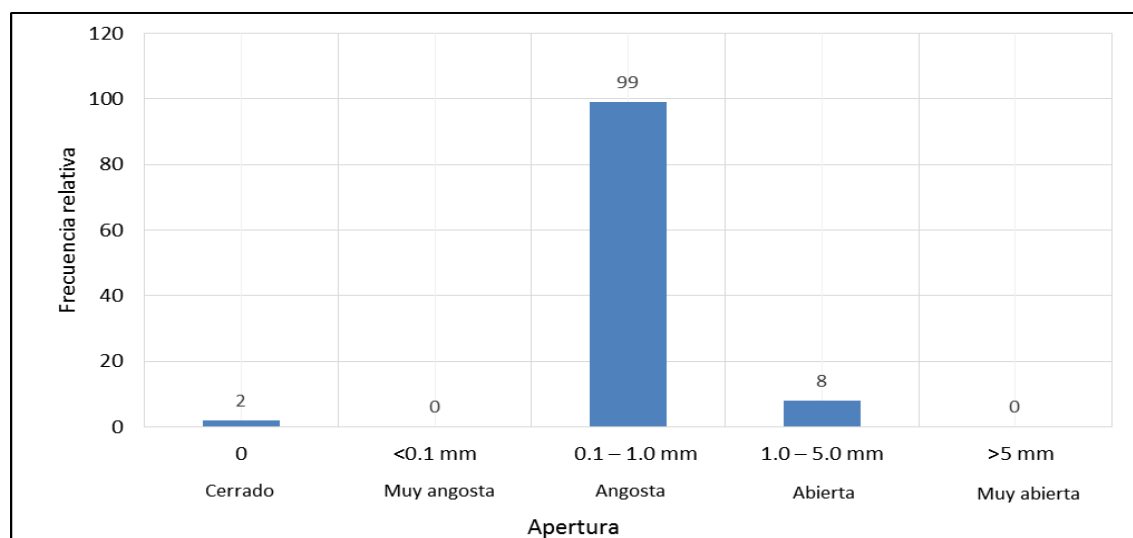


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Apertura de las estructuras

Las aperturas fueron medidas con una regla graduada en milímetros.

Figura 4. 7 Histograma de la apertura de las discontinuidades en el Proyecto San Gabriel.



Fuente: Elaboración propia.

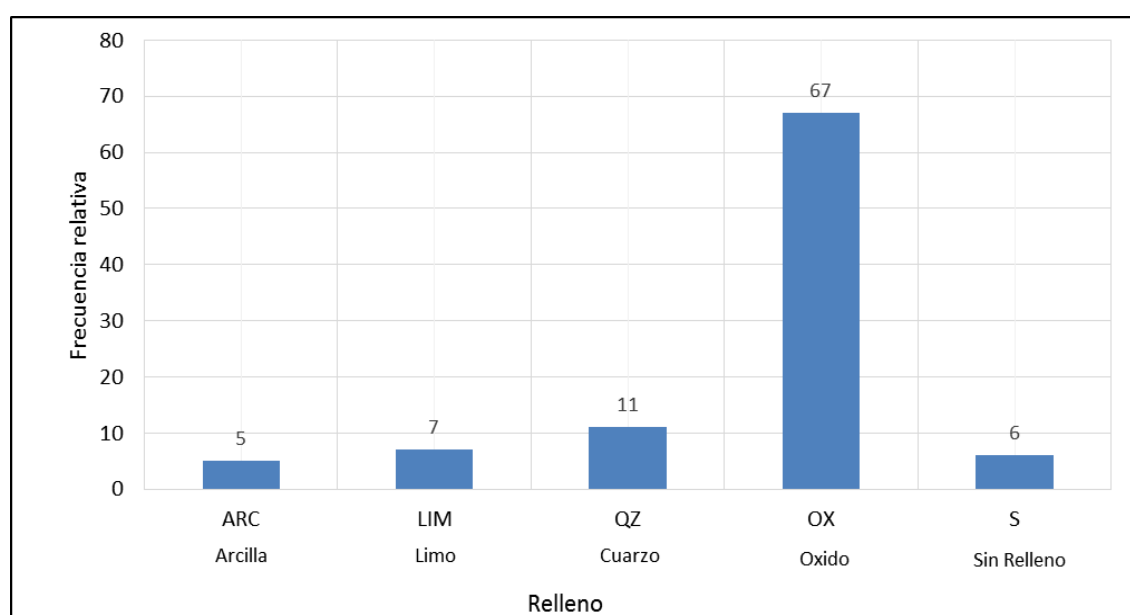
La Figura 4. 7 nos presenta un histograma con las aperturas de todas las discontinuidades caracterizadas en las fichas geomecánicas del Anexo 03. Como se observa la apertura angosta es la más frecuente y representativa.

#### 4.3.5. Relleno

Los rellenos fueron reconocidos y medidos con una regla a escala.

La Figura 4. 8 nos presenta un histograma con el relleno de todas las discontinuidades caracterizadas en las fichas geomecánicas del Anexo 03. De la cual se interpreta que el relleno predominante es el óxido.

Figura 4. 8 Histograma de los tipos y dimensiones de rellenos presentes en las estructuras en el Proyecto San Gabriel.

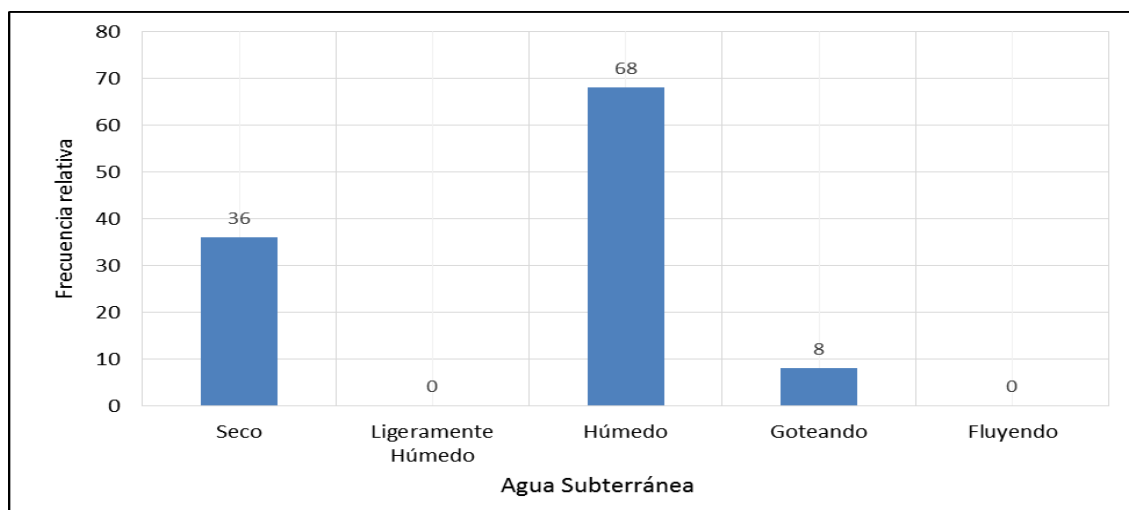


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6. Agua en discontinuidades

El Histograma de frecuencias de la Figura 4. 9 nos muestra las condiciones de presencia de agua, siendo las condiciones presentes variables, debido a que se realizaron en varios tramos de la Rampa San Gabriel. (ver Anexo 03)

Figura 4. 9 Histograma de la presencia de agua en las estructuras en el Proyecto San Gabriel.

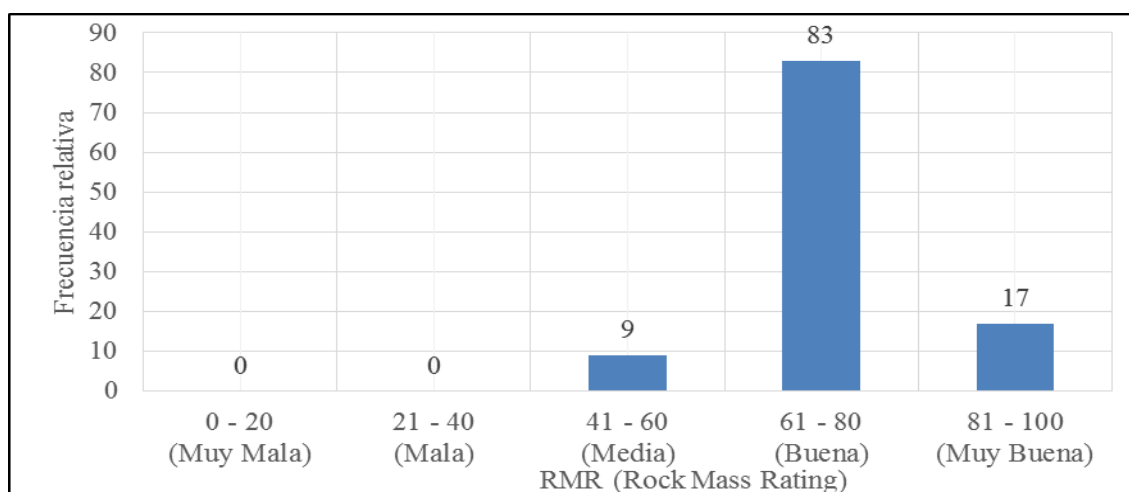


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.7. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

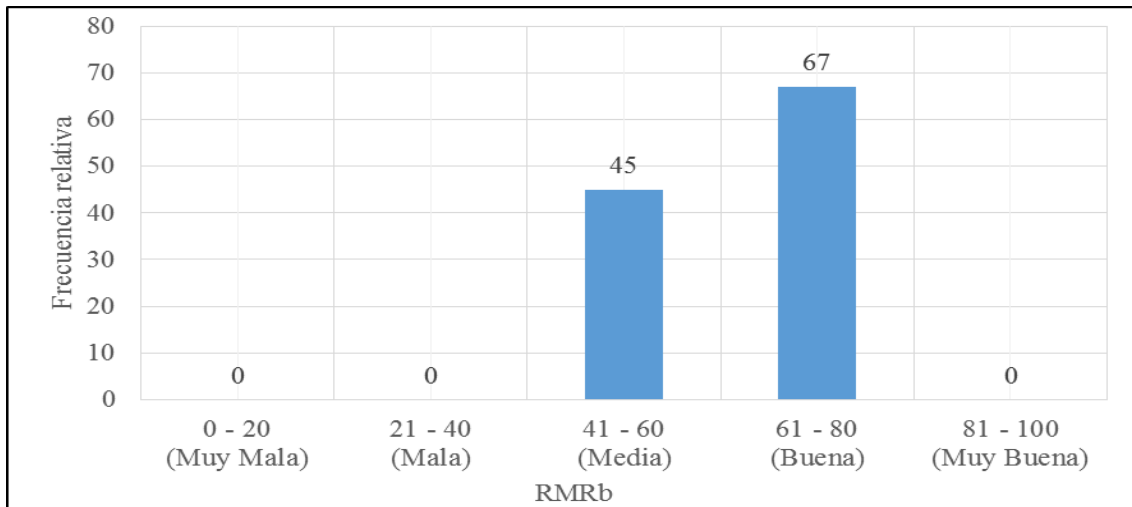
La calificación del macizo rocoso se realizó usando los parámetros de los sistemas de clasificación geomecánica de macizos rocosos RMR (Bieniawski, 1976), Q (Barton.1974) y GSI (Hoek, 2000). En la evaluación de la calidad y clasificación del macizo rocoso intervienen la resistencia de la roca intacta y las características de las discontinuidades (patrón de distribución y características intrínsecas).

Figura 4. 10 Histograma de valores de RMR que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 11 Histograma de valores de RMR básico que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.

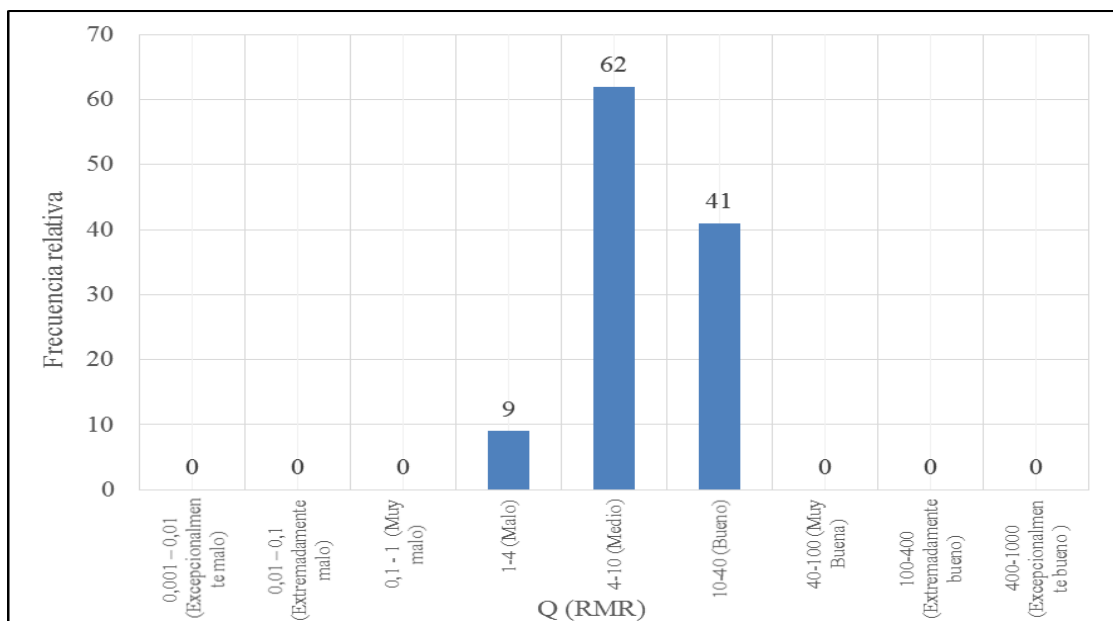


Fuente: Elaboración propia.

Haciendo uso de los resultados de los mapeos geomecánicos por celdas, se pudo realizar una evaluación estadística del índice RMR, Q y GSI. El análisis global indica que la calidad de roca en las cuales se realizan las excavaciones son de buena calidad.

La Figura 4. 10 y 4. 11, muestran que el RMR típico en el proyecto San Gabriel se encuentra entre 61-80 (Buena calidad).

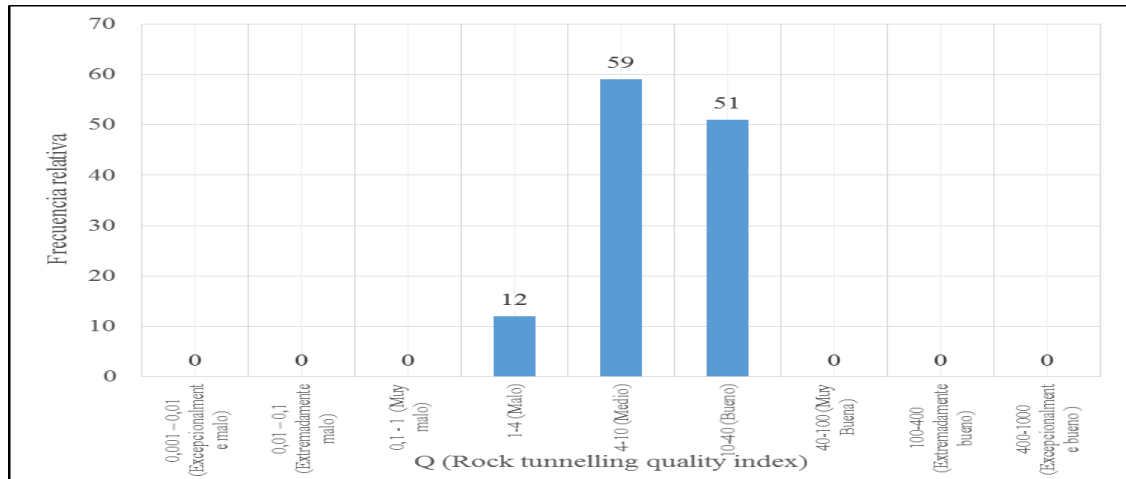
Figura 4. 12 Histograma de valores de Q obtenido por correlación con el RMR que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4. 12 y 4. 13, muestran que el índice Q típico en el proyecto San Gabriel presenta valore Q de medio a bueno.

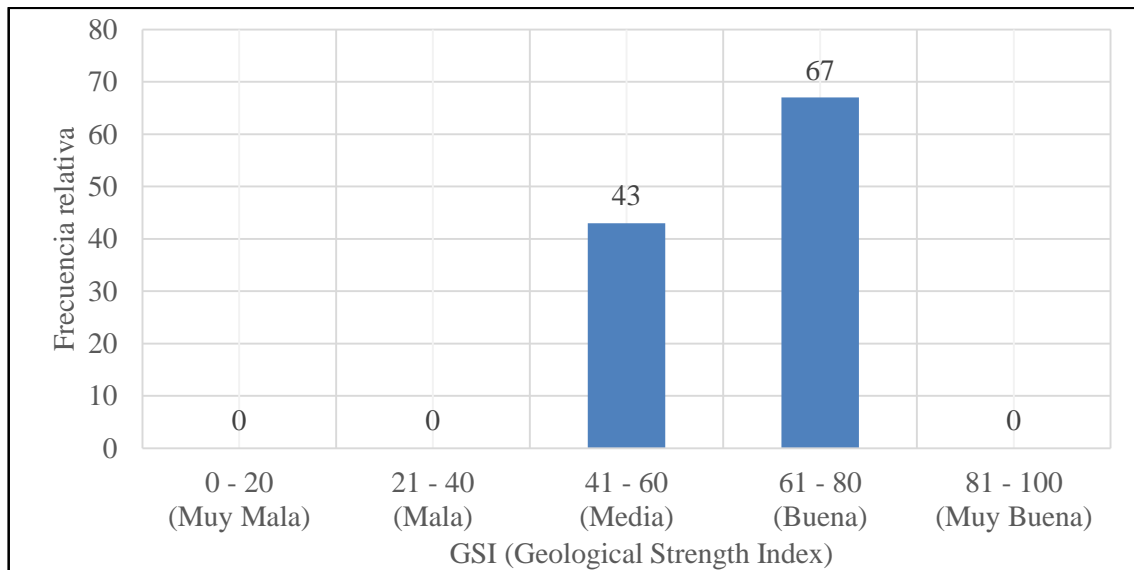
Figura 4. 13 Histograma de valores Q que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4. 14, muestran que el valor GSI típico en el proyecto San Gabriel es un macizo de media a buena calidad.

Figura 4. 14 Histograma de valores GSI que presenta el macizo rocoso en el Proyecto San Gabriel.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.8. Parámetros de resistencia del macizo rocoso

Las propiedades de resistencia del macizo rocoso difieren de las de la roca intacta, debido a que el primero presenta discontinuidades como diaclasas, fisuras, fallas, etc., siendo prácticamente imposible ejecutar ensayos de corte o de compresión triaxial en el mismo, a una escala apropiada.

Es por esta razón que se han definido criterios de fallamiento del macizo rocoso a partir de los Índices de clasificación, siendo uno de ellos el criterio propuesto por Hoek & Brown (1988), actualizado por Hoek, Carranza-Torres y Corkum (2002).

Este criterio toma en consideración la resistencia de la roca intacta y las constantes  $m_b$ ,  $s$  y  $a$ , las que se estiman en función de la estructura y la condición de las discontinuidades del macizo rocoso, estando representado por el índice de resistencia geológica GSI. La forma generalizada del criterio de fallamiento de Hoek-Brown es:

$$\sigma'_1 = \sigma_3^l + \sigma_{c1} \left( m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{c1}} + S \right)^a$$

Dónde:

$m_b$ ,  $s$  y  $a$  son parámetros que dependen de las características del macizo rocoso y cuyo cálculo se detalla más adelante.

$\sigma_{ci}$ , es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, y  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  son las tensiones efectivas axial y de confinamiento principales respectivamente.

Los parámetros  $m_{bi}$ ,  $s$  y  $a_i$ , se calculan mediante las siguientes formulas aplicables a macizos rocosos disturbados y no disturbados.

$$m_b = m_i \text{Exp} \left( \frac{GSI-100}{28-14D} \right)$$

$$s = \exp \left( \frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$



$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}})$$

La variable  $m_i$  de la formula anterior es la constante de la roca intacta, la cual fue estimada mediante los ensayos de compresión triaxial realizados en el laboratorio.

D es un factor de daño que depende del grado de alteración al cual el macizo rocoso estaría expuesto por defecto de la voladura y relajación de las tensiones de campo. Este factor varía desde 0 para macizos rocosos in-situ no alterados hasta 1 para macizos rocosos muy alterados. Para este caso se consideró un valor de  $D = 0.5$

Los parámetros presentados en el Cuadro 4. 8 fueron calculados tomando en consideración los parámetros de roca intacta obtenido por ensayos de laboratorio y distribuidos por el tipo de calidad de macizo rocoso GSI. Los resultados presentados en el Cuadro 4. 9, estos son utilizados en los análisis de estabilidad por el método numérico, estos son de mucha importancia ya que son los datos de entrada para el cálculo de factores de seguridad y deformaciones en las excavaciones subterráneas, las cuales son las principales informaciones que nos da el método numérico.

Cuadro 4. 8 Datos de ingreso en el software RocData para el cálculo de resistencia del macizo rocoso por el criterio generalizado de Hoek – Brown – Diederichs.

Tipo de Roca	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	$E_i$ (MPa)	D	Peso unitario (MN/m <sup>3</sup> )
II	123.5	70	15.07	34812.5	0.5	0.0277
III – A	123.5	55	15.07	34812.5	0.5	0.0277
III – B	123.5	45	15.07	34812.5	0.5	0.0277

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la razón de Poisson del macizo rocoso,  $\nu_m$ , se utilizó la siguiente formula empírica de Karzulovic (1999):

$$\nu_m = 0.4 - \frac{GSI^{0.7}}{100}$$

Cuadro 4. 9 Resumen de datos del cálculo de resistencia del macizo rocoso por el criterio generalizado de Hoek – Brown – Diederichs.

Tipo de Roca	$m_b$	$a$	$s$	$\sigma_t$ (MPa)	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{cm}$ (MPa)	$E_m$ (MPa)	Poisson
II	3.612	0.501	0.0183	-0.626	16.624	33.362	14856.26	0.204
III-A	1.768	0.504	0.0025	-0.173	6.001	21.981	6868.63	0.235
III-B	1.098	0.508	0.0007	-0.073	2.975	16.799	3596.10	0.256

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Esfuerzos in-situ

Para los modelamientos numéricos se considera un encampane de 100 m, así para la determinación de esfuerzos in-situ utilizaremos el criterio gravitacional, para lo cual el esfuerzo in-situ vertical es expresado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_v = \gamma \times z$$

Donde  $z$  es la profundidad y  $\gamma$  es la densidad del material de cobertura..

$$\sigma_v = 0.0277 \times 100$$

$$\sigma_v = 2.77$$

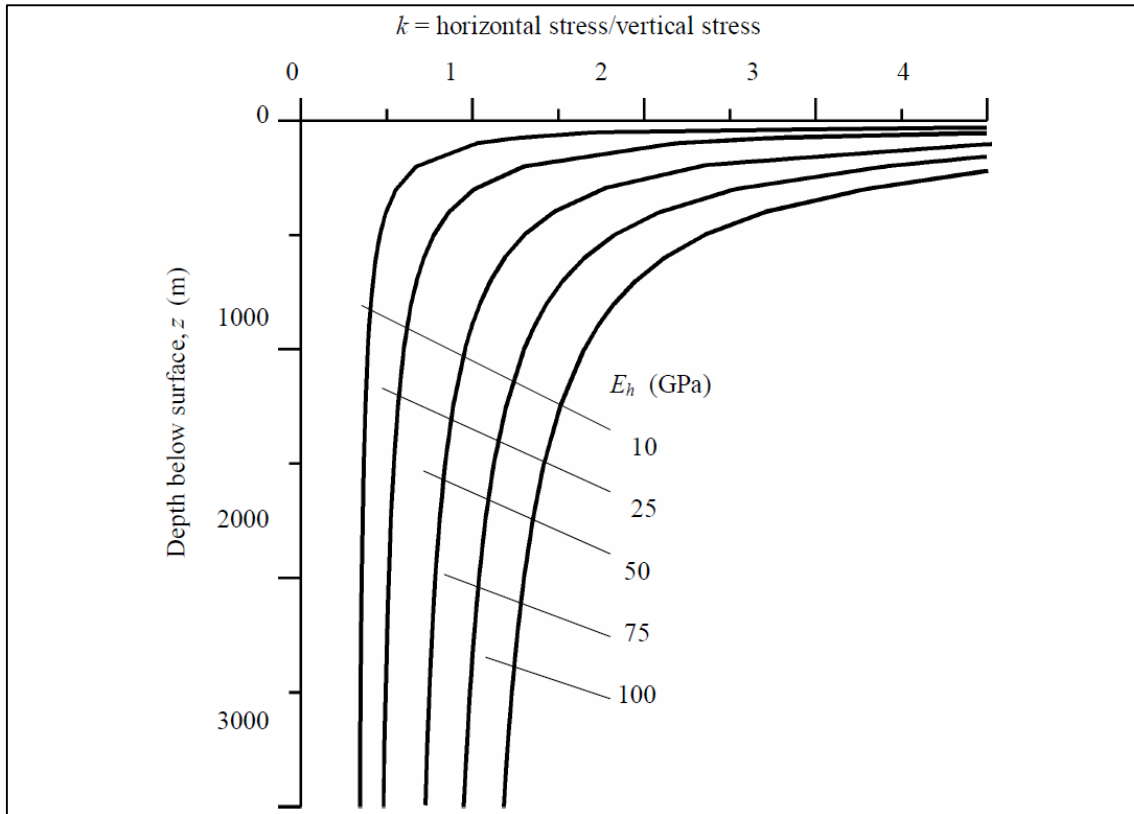
La determinación de los esfuerzos horizontales actuantes es más difícil de estimar. Normalmente la relación entre el esfuerzo horizontal y el esfuerzo vertical es denotada por la letra  $k$  como:

$$\sigma_h = k\sigma_v = k\gamma z$$

Sheorey (1994) desarrollo un modelo de esfuerzos elasto-estático termal de la tierra, Figura 4. 15. Este modelo considera la curvatura de la corteza y la variación de las constantes elásticas, densidad y un coeficiente de expansión termal de la corteza y el

manto de la tierra. Sheorey nos proporciona una ecuación simple que puede ser utilizado para estimar la relación entre el esfuerzo horizontal y vertical  $k$ . Esta ecuación es:

Figura 4. 15 Relación del esfuerzo vertical y horizontal ( $k$ ), para diferentes módulos de deformación basado en la ecuación de Sheorey



Fuente: Sheorey 1994.

Donde  $z$  (m) es la profundidad desde la superficie y  $E_h$  (GPa) es el promedio del módulo de deformación del material de cobertura sobre la excavación.

$$k = 0.25 + 7E_h \left( 0.001 + \frac{1}{z} \right)$$

$$k = 0.25 + 7 \times 3596.10 \left( 0.001 + \frac{1}{100} \right)$$

$$k = 0.25 + 7 \times 0.011$$

$$k = 0.327$$

El esfuerzo in-situ horizontal será igual a:

$$\sigma_h = k\sigma_v$$

$$\sigma_h = 0.327 \times 2.77$$

$$\sigma_h = 0.906 \text{ MPa}$$

#### **4.5. Características geométricas de las excavaciones**

##### **4.5.1. Rampa San Gabriel**

La Rampa San Gabriel considera unas dimensiones de 4.5 x 4.5m de sección.

##### **4.5.2. Cortadas**

Las cortadas a realizarse en el Proyecto San Gabriel consideran una sección típica de 3.5 x 3.5m

##### **4.5.3. Cámaras de perforación diamantina**

Estas consideran una sección típica de 7.0 x 7.0m.

#### **4.6. Evaluación de la estabilidad**

El diseño de una abertura subterránea está relacionado principalmente con el dimensionamiento de los elementos de refuerzo y de soporte para estabilizar el macizo rocoso que pudiera verse afectado por la distribución de esfuerzos y/o por las condiciones estructurales que se presentan en la periferia de la excavación.

##### **4.6.1. Evaluación de las aberturas típicas**

Para el análisis de la estabilidad de las labores subterráneas se empleó el Método del *Span Design* (Pakalnis, 2008) el mismo que relaciona el ancho de la excavación y la

calidad de la roca en función del valor de RMR. Este método ha sido desarrollado con una base histórica de datos provenientes de 292 casos en diferentes minas referidos a excavaciones sin soporte o con algún tipo de soporte local, por lo que a partir del mismo se puede evaluar la estabilidad inicial de las aberturas. Los gráficos de los mismos se presentan en el Anexo 06.

Las excavaciones se pueden clasificar por tanto en tres categorías:

**a. Excavaciones estables**

- Control de la estabilidad del terreno.
- No se observa deformaciones en el techo de la excavación.
- No se requiere medidas de soporte pesado.

**b. Excavaciones potencialmente Inestables**

- Requieren de soporte adicional para prevenir las fallas potenciales del terreno.
- Deformaciones hacia dentro del techo.

**c. Excavaciones inestables**

- Colapso inmediato
- El soporte no fue efectivo para controlar la inestabilidad.

Cuadro 4. 10 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel

<b>Tipo de roca</b>	<b>RMR</b>	<b>Condición de estabilidad</b>
II	61-80	Estable
III - A	51-60	Estable
III - B	41-50	Potencialmente inestable

Fuente: Elaboración Propia

Del Cuadro 4. 10, se concluye que las cortadas de exploración presentaran un nivel de estabilidad aceptable, por lo que solo se requerirá sostenimiento cuando la excavación se realice en un macizo rocoso de tipo III - B. (ver Anexo 06-A)

Del Cuadro 4. 11, se concluye que la rampa principal presentará un nivel de inestabilidad potencial solo cuando se realice en un tipo de macizo III - B, pero debido a que esta es una excavación permanente se requerirá necesariamente de la aplicación de elementos de sostenimiento. ( ver Anexo 06-B)

Cuadro 4. 11 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Condición de estabilidad
II	61-80	Estable
III – A	51-60	Estable
III – B	41-50	Potencialmente inestable

Fuente: Elaboración Propia

El Cuadro 4. 12, concluye que las cámaras de perforación presentaran un nivel de inestabilidad potencial, por lo que se requerirá necesariamente de la aplicación de elementos de sostenimiento. (ver Anexo 06-C)

Cuadro 4. 12 Estabilidad de aberturas considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Condición de estabilidad
II	61-80	Estable
III – A	51-60	Potencialmente inestable
III – B	41-50	Potencialmente inestable

Fuente: Elaboración Propia

### 5.6.2. Tiempo de autosostenimiento

El tiempo de autosostenimiento se refiere al período durante el cual la roca podrá permanecer estable sin sostenimiento después de haber desarrollado la excavación subterránea. El sistema RMR propuesto por Bieniawski en 1984 presenta un ábaco (Figura 16) que correlaciona la abertura o ancho de la excavación (span) con el tiempo de auto-sostenimiento (stand-up time). Según este ábaco, en una excavación con un RMR típico en la zona del proyecto de 40 se tendrá un tiempo de auto sostenimiento de 1 día; para un macizo rocoso con RMR menor a 30 el colapso se producirá en cuestiones de

horas, este sería el caso de rocas muy fracturadas, de mala calidad y fallas activas que se pudieran encontrar por lo que el sostenimiento deberá ser instalado inmediatamente.

No es posible determinar el tiempo de autosostenimiento de una excavación debido a que los macizos rocosos en el mundo son variables y diferentes. Pero existen antecedentes según la clasificación geomecánica RMR y la excavación abierta (*Bieniawski, 1989; Villaescusa, 2014*).

Se realizó la estimación de los tiempos de autosostenimiento para los diferentes tamaños de aberturas y tipos de roca, los cuales se presentan en el Anexo 7.

Los Cuadros 4. 13, 4. 14 y 4. 15, resumen los tiempos de autosostenimiento para las excavaciones a realizar como exploración en el proyecto San Gabriel en relación a los tipos de macizo o roca.

Cuadro 4. 13 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tiempo de Autosostenimiento
II	61-80	5 años
III – A	51-60	3 meses
III – B	41-50	6 días

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. 14 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tiempo de Autosostenimiento
II	61-80	4 años
III – A	51-60	2 meses
III – B	41-50	4 días

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. 15 Tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tiempo de Autosostenimiento
II	61-80	2 años
III – A	51-60	2 semanas
III – B	41-50	2 días

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que el tiempo de autosostenimiento está íntimamente ligado al tipo de roca, donde se realizara la excavación.

#### 4.6.3. Sostenimiento típico

El dimensionamiento preliminar de los refuerzos y sostenimiento para estabilizar la zona plastificada fue ejecutado con las recomendaciones de la clasificación geomecánica de macizo rocoso conocida como Q.

En 1993, Barton propuso un ábaco para estimar el tipo de sostenimiento requerido por las excavaciones subterráneas, teniendo en cuenta la dimensión equivalente de la excavación (De) y el Índice de calidad de la roca (Q), siendo la dimensión equivalente la relación que existe entre el diámetro o luz de la labor y el factor de sostenimiento de la excavación ( $ESR=1.6$ ), es decir:  $De=D/ESR$ .

En el caso de la labor de exploración propuesta, el valor de ESR será 1, para todos los casos tomando en consideración un criterio conservador.

Cuadro 4. 16 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tipo de Sostenimiento
II	61-80	No requiere
III - A	51-60	No requiere
III - B	41-50	Pernos sistemáticos espaciados a 1.30 x 1.30 o Shotcrete 5 cm

Fuente: Elaboración Propia



En el Anexo 08, se determina el tipo de sostenimiento según esta metodología empírica, y en los Cuadros 4. 16, 4. 17 y 4. 18 se resumen los resultados obtenidos.

Cuadro 4. 17 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tipo de Sostenimiento
II	61-80	No requiere
III - A	51-60	Pernos sistemáticos espaciados a 1.70 x 1.70 o Shotcrete 4 cm
III - B	41-50	Pernos sistemáticos espaciados a 1.40 x 1.40 o Shotcrete 5 cm

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. 18 Tipo de sostenimiento determinado considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Tipo de Sostenimiento
II	61-80	Empernado ocasional
III - A	51-60	Pernos sistemáticos espaciados a 1.70 x 1.70 o Shotcrete 4.5 cm
III - B	41-50	Shotcrete reforzado con fibras 7 cm de espesor más pernos

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.6.4. Análisis esfuerzo-deformación

Este análisis se efectuó mediante el método de esfuerzos inducidos usando el programa Phase2 versión 8.0 de Rocscience Inc., el cual emplea una combinación de los métodos de elementos finitos con elementos de borde. La malla de elementos finitos empleada para el análisis fue de tipo triangular con un borde extremo superior que se extendió hasta cinco veces el ancho de la excavación, lo cual permite extender el análisis hasta fuera del radio de influencia de la excavación.

Este análisis consiste en modelar el comportamiento post-ruptura del macizo rocoso y la interacción con el sostenimiento. Dicho programa asume que el macizo rocoso puede ser tratado como un medio isotrópico y elasto-plástico. Los esfuerzos calculados en forma elástica pueden ser contrastados con cualquier criterio de falla (como los de Mohr-Coulomb o Hoek-Brown) del macizo rocoso, determinando zonas potencialmente inestables.

**4.6.5. Factor de resistencia (Strength factor)**

El factor de Resistencia (Strength factor) es la relación que existe entre la resistencia del macizo rocoso y el esfuerzo inducido por la presencia de la excavación.

Para condiciones elásticas del macizo rocoso, cuando el factor de resistencia es mayor que 1, la resistencia del macizo rocoso sería mayor que los esfuerzos inducidos, por lo que sería estable. Las zonas con factores de resistencia menor que uno son potencialmente inestables y fallarán por esfuerzos cortantes o esfuerzos de tracción.

Según los resultados del análisis realizado para las secciones típicas de excavaciones a realizar en el proyecto San Gabriel, se presenta el Anexo 09. Finalmente, los resultados se resumen en los Cuadros 4. 19, 4. 20 y 4. 23.

Cuadro 4. 19 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una Cortada en el Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Factor de Seguridad	Condición de estabilidad
II	61-80	1.89	Estable
III – A	51-60	1.26	Estable
III – B	41-50	0.95	Inestable

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. 20 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Factor de Seguridad	Condición de estabilidad
II	61-80	1.58	Estable
III – A	51-60	1.26	Estable
III – B	41-50	0.95	Inestable

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4. 21 Análisis esfuerzo deformación realizado considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel

Tipo de roca	RMR	Factor de Seguridad	Condición de estabilidad
II	61-80	1.58	Estable
III – A	51-60	1.26	Estable
III – B	41-50	0.95	Inestable

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.7. Discusión

Con la presente investigación se ha logrado cumplir los objetivos presentados en la investigación, se caracterizado detalladamente el macizo rocoso, con la ayuda de proyecciones esteograficas se han identificado los modos de falla en las labores del proyecto San Gabriel y finalmente se determinó el factor de seguridad.

El dimensionamiento en la presente investigación, es realizado por método empírico, que esto nos indica diseñar las excavaciones subterráneas de manera correcta, consideramos que sí, se logró con l caracterización geomecanica los posibles mecanismos de falla de las labores del proyecto.

El análisis de modelo numérico se ha realizado mediante el método de esfuerzos usando el software Rocscience programa Phase2 versión 8.0 análisis esfuerzo-deformación con lo cual, obteniendo resultados confiables en las labores en el proyecto, de igual manera menciona en sus tesis Bustamante Murillo este programa es muy importante en la aplicación en las excavaciones subterráneas que nos determina el factor de seguridad.

## CONCLUSIONES

La evaluación geomecánica y estabilidad de las labores se determinó siguiendo una metodología de campo, laboratorio y gabinete, obteniéndose óptimos resultados que ayudaran en el proceso constructivo de las labores de exploración del Proyecto San Gabriel.

Se realizó la evaluación de las características geomecánicas del sitio, a través de la realización de ensayos de laboratorio y mapeo de campo de 40 estaciones geomecánicas por el método de celdas o ventanas, obteniéndose las características típicas del macizo rocoso presente en el Proyecto San Gabriel. Teniendo las siguientes características: Se presentan 5 familias de discontinuidades relevantes, con un RQD de valor medio a bueno, espaciados muy junto a extremadamente junto, persistencia media a alta, con superficies rugosa, apertura angosta, relleno típico de óxido y condición de humedad. La clasificación geomecánica nos muestra que el Proyecto San Gabriel presenta un tipo de roca regular a buena calidad.

Se realizó la evaluación de estabilidad por métodos empíricos, obteniéndose condiciones de estabilidad, tiempo de autosostenimiento, tipo de sostenimiento. Las excavaciones de sección 3.5 x 3.5 m como son las Cortadas de exploración en gran parte no requerirán sostenimiento, sin embargo, de presentarse un terreno de mala calidad será necesaria la evaluación de sostenimiento. Las excavaciones de sección 4.5 x 4.5 m como es el caso de la Rampa San Gabriel, requerirá un sostenimiento de tipo permanente que puede ser pernos helicoidales distribuidos de manera sistemática y finalmente las excavaciones de sección 7.0 x 7.0 m destinadas a ser Cámaras de perforación diamantina requerirán un sostenimiento más robusto como es el caso del Shotcrete mas empernado sistemático. Finalmente se realizaron modelamientos numéricos por el método esfuerzo deformación para validar la estabilidad de las excavaciones.

## RECOMENDACIONES

Es necesaria la continuidad de estos trabajos durante la ejecución y puesta en marcha de las excavaciones a realizarse en el proyecto, esto debido a que las condiciones de macizo rocoso son cambiantes y hay la posibilidad de un cambio repentino de tipo de roca.

La evaluación geomecánica deberá ser realizada de manera frecuente por un especialista, esto durante la ejecución de las excavaciones.

Resultado de más investigaciones geomecánicas, será posible realizar modelamientos numéricos avanzados, los cuales podrían reflejar el fenómeno de estabilidad o inestabilidad de las excavaciones subterráneas en el Proyecto San Gabriel.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adu-Acheampong, A. (2003). Importance of geotechnical field mapping in assessing the stability of underground excavations. *SME Annual Meeting* , 1-6.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Canada: John Wiley & Sons.
- Bordehore, L. J. (2012). *Clasificaciones Geomecánicas y Diseño Empírico de Sostenimientos*. Lima: Geoconsult España.
- Bustamante Murillo, A. (2008). *Geomecánica aplicada en la prevención de pérdida por caída de rocas Mina Huanzalá - CÍA. Minera Santa Luisa S.A.* Lima: Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cordova Rojas, N. D. (2008). *Geomecánica en el Minado Subterránea caso Mina Condestable*. Lima: Tesis: Lima.
- Cordova Rojas, N. D. (2008). *Geomecánica en el Minado Subterránea caso Mina Condestable*. Lima: Tesis: Lima.
- Curran, J., Corkum, B., & Hammah, R. (2004). *Three-dimensional Analysis of Underground Wedges under the Influence of Stresses*. Toronto: Rocscience.
- Flores G., G., & Karzulovic L., A. (2003). *Guías geotécnicas para una transición desde rajo abierto a minería subterránea*. Santiago de Chile: División Chuquicamata de Codelco.
- Flores G., G., & Karzulovic L., A. (2003). *Guías geotécnicas para una transición desde rajo abierto a minería subterránea*. Santiago de Chile: División Chuquicamata de Codelco.
- Gautam, B. (2011). Wedge stability analysis and rock squeezing prediction of headrace tunnel, Lower Balephi Hydroelectric Project, Sindhupalchok District, central Nepal. *Journal of Nepal Geological Society*, 125-136.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica* (2da ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica* (2da ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Goodman, R. E. (1989). *Introducción to Rock*. Canada: John Wiley & Sons.
- Hoek, B. (1985). *Practical Rock Engineering*. Toronto, Canada: RocScience.
- Hoek, E. (1966). *Rock Mechanics - an introduction for the practical engineer*. Africa: Rock Science.

- Hoek, E. (2006). *Practical Rock Engineering*. North Vancouver: Rocscience.
- Hoek, E., & Brown, E. (1985). *Practical Rock Engineering*. Toronto, Canada: RocScience.
- Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (2000). *Engineering Rock Mechanics an Introduction to the Principles*. London: Pergamon.
- Hutchinson, D. J., & Diederichs, M. S. (1996). *Cablebolting in Underground Mines*. Canada: Bitech Publishers Ltd.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1987). *Manual de ingeniería de Taludes*. Madrid: ITGE.
- Jorda Bordehore, L. (2012). *Clasificaciones geomecánicas y diseño empirico de sostenimientos*. España: Geoconsult .
- Jorda Bordehore, L. (2012). *Clasificaciones Geomecánicas y Diseño Empírico De Sostenimientos*. Lima: Geoconsult España.
- Jorda Bordehore, L. (2013). *Clasificaciones Geomecánicas y Diseño Empírico de Sostenimiento*. Lima: Elite.
- Madariaga, J. (2015). *Guía Sobre Control Geotécnico en Minería Subterránea*”. España: Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- Madariaga, J. M. (2015). *Guía sobre control geotécnico en minería subterránea*. España.
- Madariaga, J. M. (2015). *Guía Sobre Control Geotécnico En Minería Subterránea*. España.
- Oranguren, P. R. (2004). *Mecánica de Rocas Aplicada a la Minería Metalica Subterraneanad*. Madrid: Instituto Geologico y Minero de Espeña.
- Pariseau, W. G. (2006). *Design Analysis in Rock Mechanics*. EE.UU.: Taylor & Francis.
- Ramirez O., P., & Alejano M., L. (2007). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramirez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2007). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Read, J., & Stacey, P. (2009). *Guidelines for Open Pit Slope Design* (1ra ed.). Australia: CSIRO Publishing.
- Singh, B., & Goel, R. (1999). *Rock Mass Classification*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Singh, B., & R.K.Goel. (2011). *Engineering Rock Mass Classification*. EE. UU.: Elsevier Inc. All rights reserved.

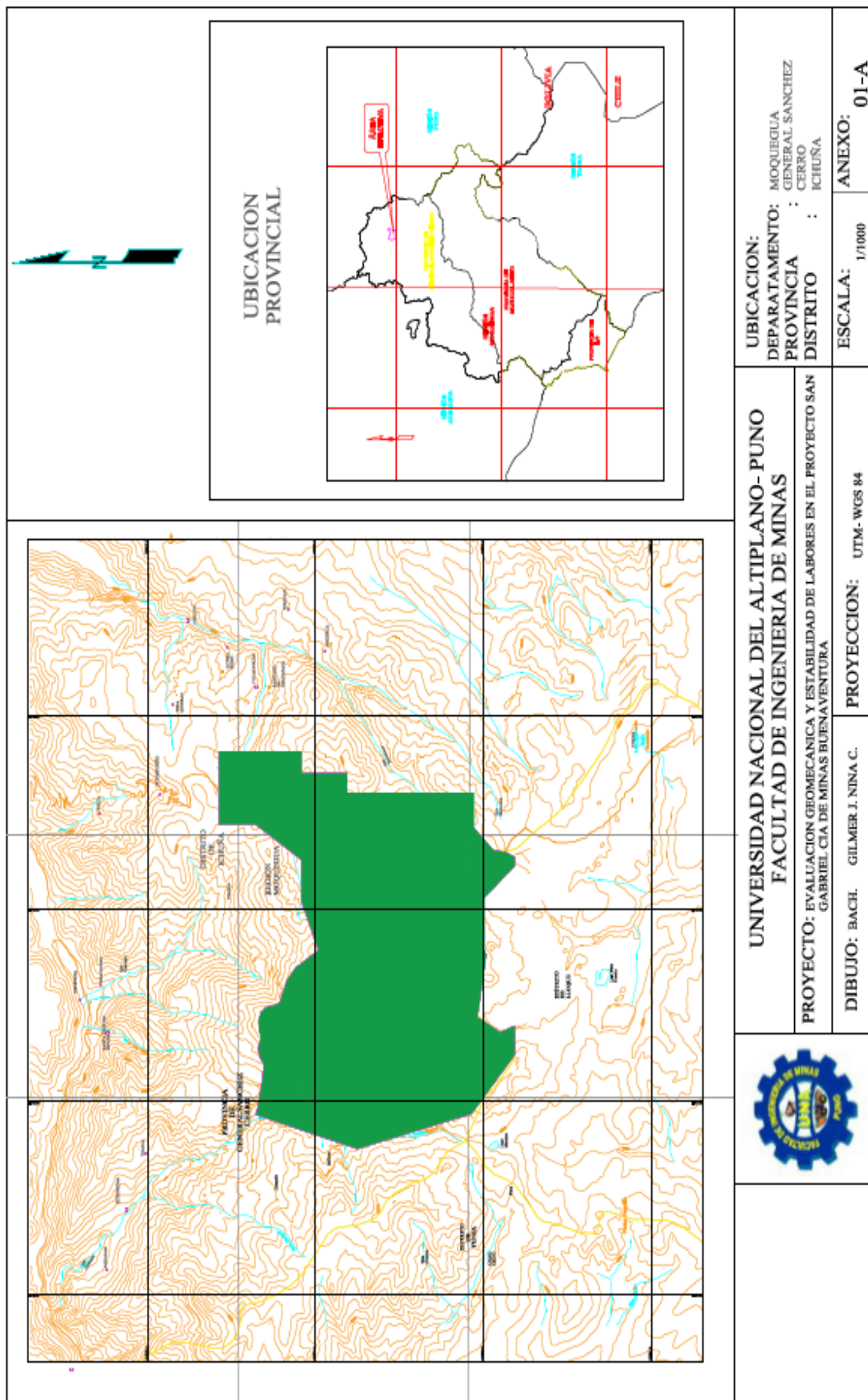
- Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. (2004). *Manual de Geomecánica Aplicada a la Prevención de Accidentes por Caídas de Rocas en Minería Subterránea*. Lima: SNMPE.
- Suarez Burgoa, L. (2013). *Descripción del macizo rocoso introducción a la ingeniería de rocas de superficie y subterránea*. Medellín, Colombia: El autor.
- Suarez Burgoa, L. O. (2013). *Descripcion del Macizo Rocos*. Medellin.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering* (4ta ed.). New York: Taylor and Francis Group.
- Zhu, W., & zhao, J. (2004). *Stability Analysis and Modelling of Underground Excavations in Fractured Rocks*. China : Jhon A. hudson.

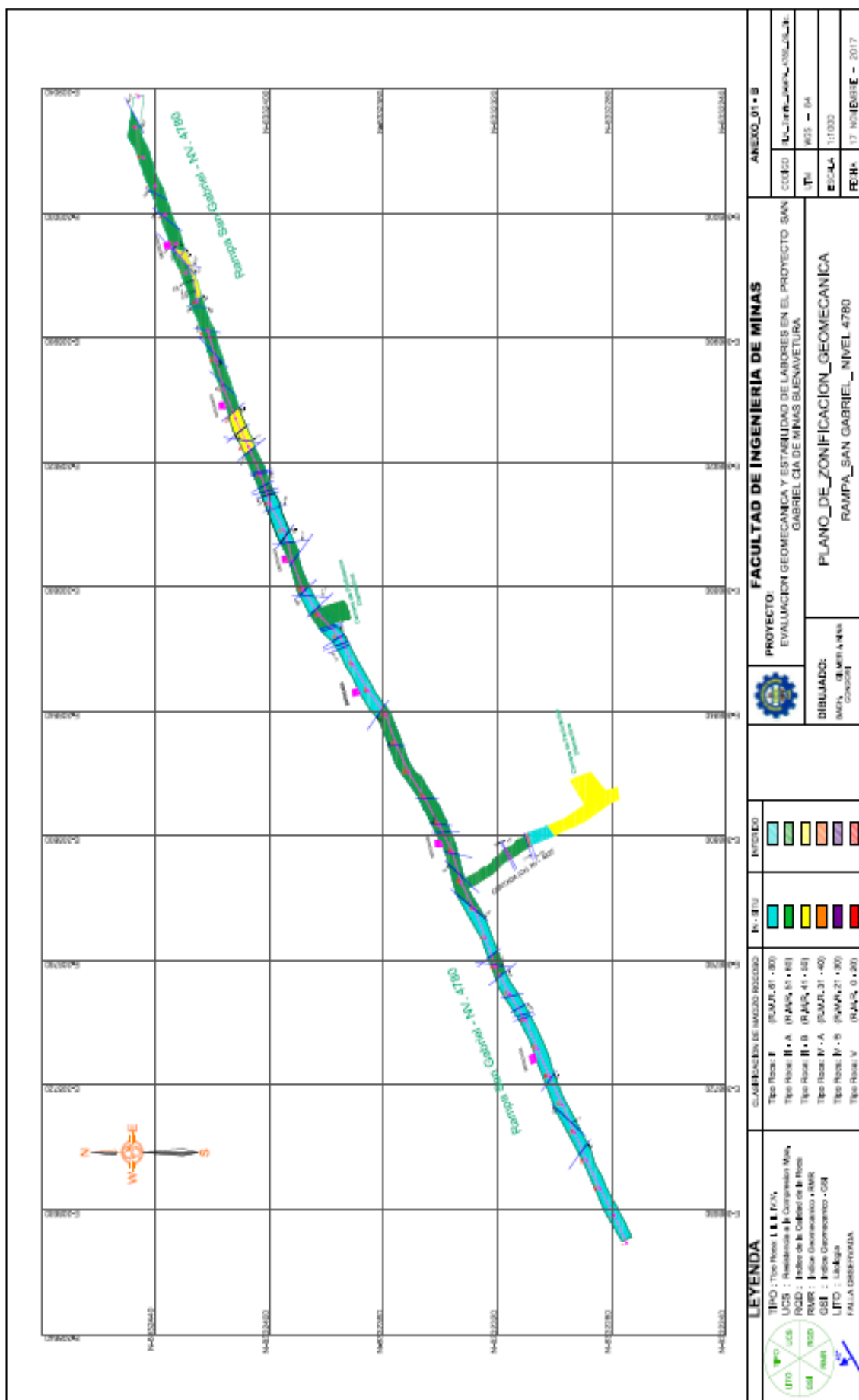


## ANEXOS

## **Anexo 01. – Planos**

---





<b>LEYENDA</b> TIPO : Tipo Roca I, II, III, IV, V UCS : Resistencia a la Compresión Máx. RQD : Índice de la Calidad de la Roca RMR : Índice Geomecánico - RMR CSI : Índice Geomecánico - CSI LITO : Litología FALLA DISEÑADA		<b>CLASIFICACIÓN DEL RIESGO PROPUESTO</b> Tipo Roca: I (RAMP_01 - 00) Tipo Roca: II - A (RAMP_01 - 01) Tipo Roca: II - B (RAMP_01 - 02) Tipo Roca: IV - A (RAMP_01 - 03) Tipo Roca: IV - B (RAMP_01 - 04) Tipo Roca: V (RAMP_01 - 05)		<b>RIESGO</b> I II III IV V		<b>PROYECTO:</b> FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS EVALUACION GEOMECANICA Y ESTABILIDAD DE LABORES EN EL PROYECTO SAN GABRIEL CIA DE MINAS BUENAVETURA		<b>ANEXO 01 - B</b> CODIGO: RAMP_01 - 01 - 01 UTM: WGS - 84 ESCALA: 1:1000 FECHA: 17 NOVIEMBRE - 2017	
<b>DIBUJANTE:</b> SANCHEZ GARCIA ANDREA CONSULTOR		<b>PLANO DE ZONIFICACION GEOMECANICA</b> RAMPA_SAN GABRIEL_NIVEL_4780							

## **Anexo 02. – Ensayos de Laboratorio**

---

**ENSAYOS REALIZADO EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS  
EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU**

Lima, 19 de diciembre de 2015

Carta N° 521/LMR/PUCP

Señores  
Compañía de Minas Buenaventura  
S.A.

Presente.-

Estimado ingeniero:

Por medio de la presente tengo a bien saludarlo y aprovecho la oportunidad para enviarle el informe final de los resultados de los ensayos del laboratorio de Mecánica de Rocas, correspondiente al proyecto San Gabriel.

Sin otro particular, me despido  
de usted. Cordialmente,



Dr. Humberto Iván Pehovaz  
Alvarez  
Laboratorio de Mecánica de Rocas  
Sección Ingeniería de Minas

***ENSAYOS DE PROPIEDADES  
FÍSICAS ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN SIMPLE ENSAYOS  
DE PROPIEDADES ELÁSTICAS  
ENSAYOS DE TRACCIÓN  
INDIRECTA ENSAYOS DE CARGA  
PUNTUAL ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN TRIAXIAL***

Solicitado por:  
Compañía de Minas  
Buena Ventura S.A.

Muestra: Testigos de roca

Fecha: Diciembre 19, 2015

**ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C 97 – 02. Los resultados son los siguientes:

Muestra	Sub-muestra	Peso saturado (gr)	Peso suspendido (gr)	Peso seco (gr)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Saturada (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)
SG-M-01	A	93.18	59.35	92.52	2.735	2.754	1.951	0.713
	B	84.54	54.61	84.18	2.813	2.825	1.203	0.428
	C	70.96	45.78	70.58	2.803	2.818	1.509	0.538
	D	60.97	38.90	60.49	2.741	2.763	2.175	0.794
				<b>Promedio</b>	<b>2.773</b>	<b>2.790</b>	<b>1.709</b>	<b>0.618</b>
SG-M-02	A	78.42	50.25	78.20	2.776	2.784	0.781	0.281
	B	70.26	44.73	69.92	2.739	2.752	1.332	0.486
	C	58.70	37.69	58.53	2.786	2.794	0.809	0.290
	D	68.92	44.33	68.73	2.795	2.803	0.773	0.276
				<b>Promedio</b>	<b>2.774</b>	<b>2.783</b>	<b>0.924</b>	<b>0.334</b>



**ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE**

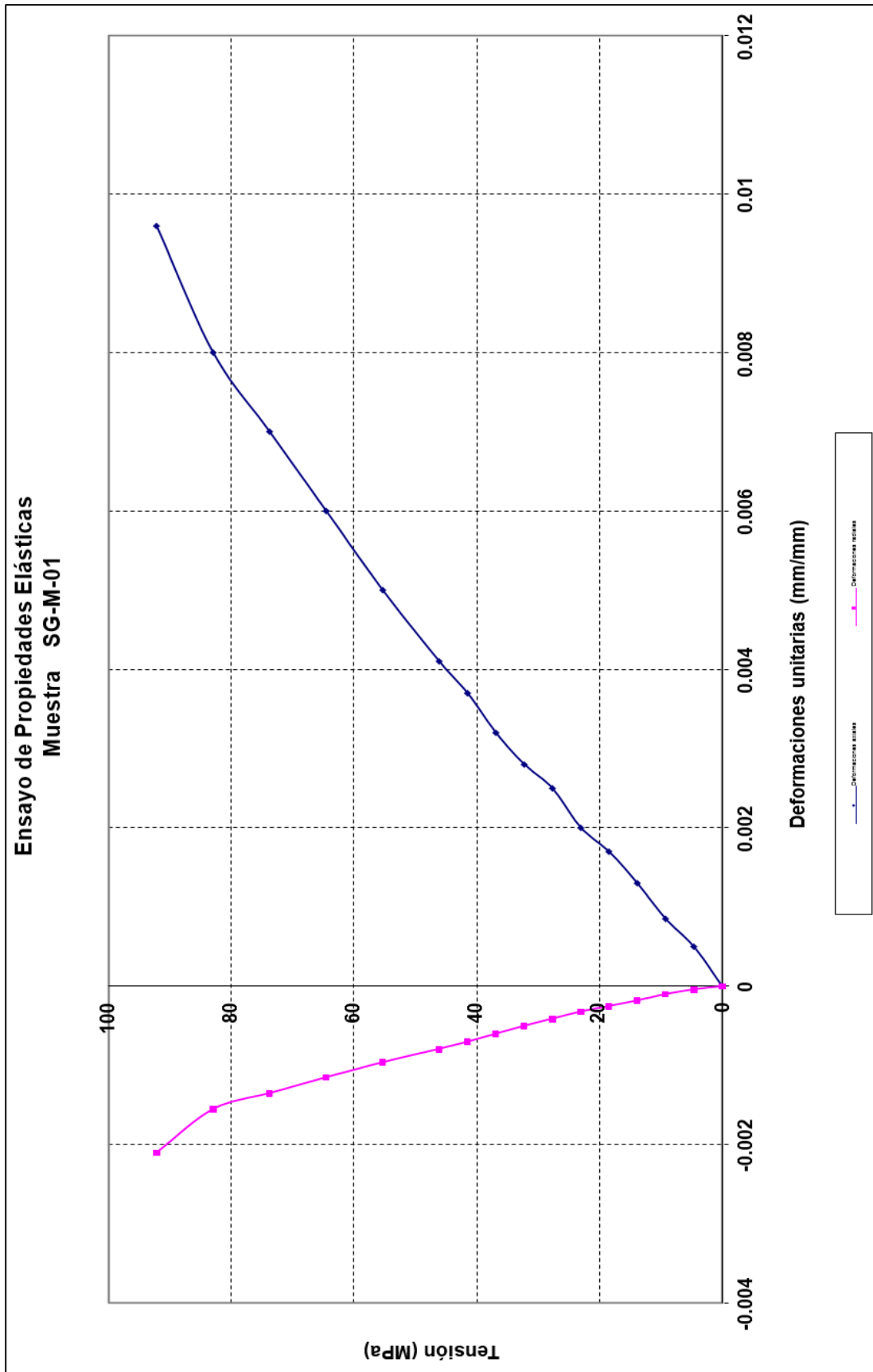
Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938-95. Los resultados son los siguientes:

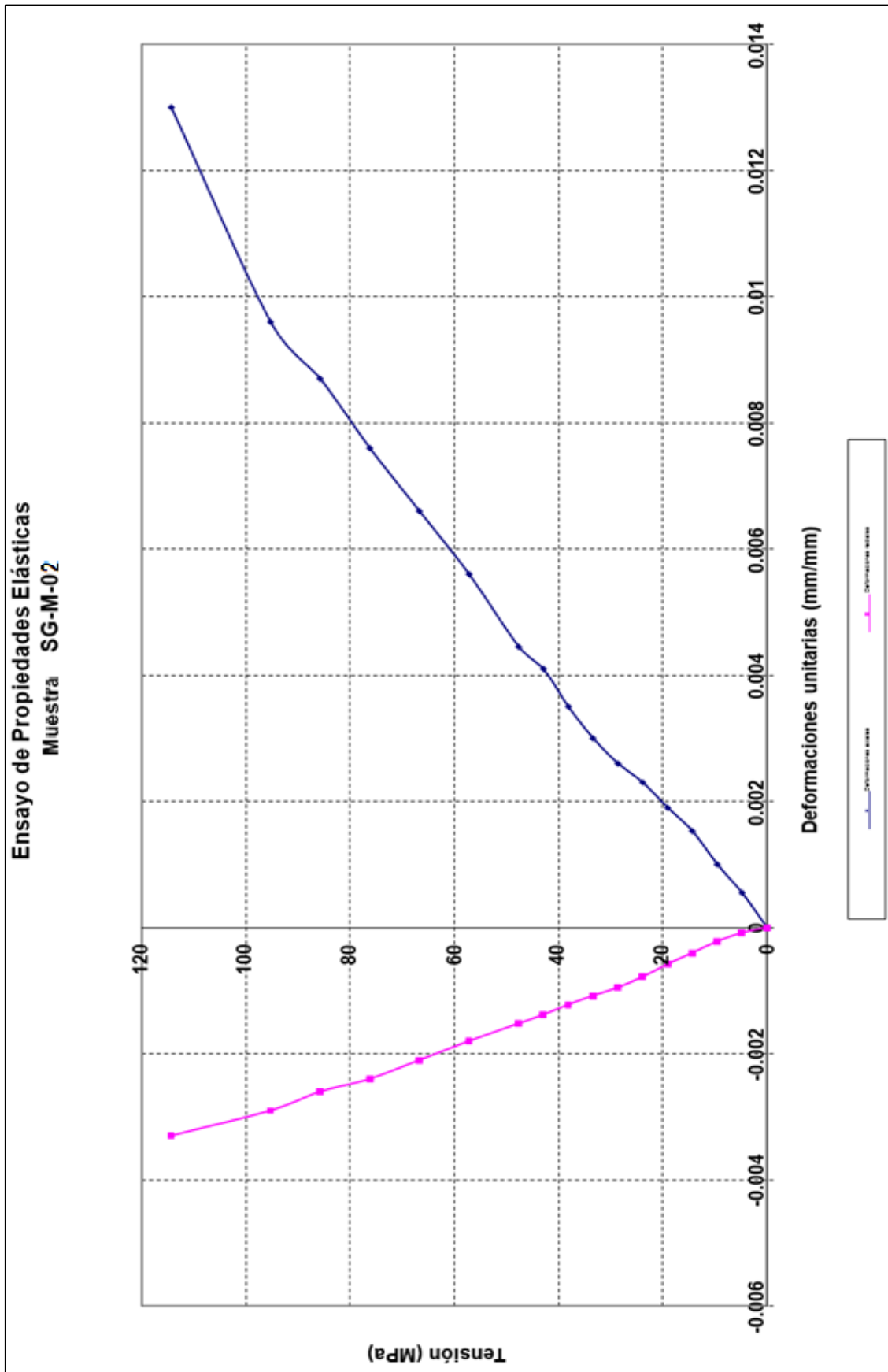
<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga (kg)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</i>
SG-M-01-A	3.61	7.87	14000.00	1367.80	134.14
SG-M-01-B	3.60	7.98	16800.00	1650.49	161.86
SG-M-02-A	3.61	7.88	11200.00	1094.24	107.31
SG-M-02-B	3.60	8.01	9400.00	923.49	90.56

### **ENSAVOS DE PROPIEDADES ELÁSTICAS**

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Módulo de Elasticidad (GPa)</i>	<i>Constante de Poisson (<math>\nu</math>)</i>	<i>Resistencia última (MPa)</i>
<i>SG-M-01</i>	3.68	7.92	11.5	0.19	110.64
<i>SG-M-02</i>	3.62	7.78	9.23	0.27	125.77





**ENSAYOS DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Sub-muestra</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga (kg)</i>	<i>Resistencia a la Tracción (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia a la Tracción (MPa)</i>
<i>SG-M-01</i>	<i>A</i>	3.60	2.04	2400.00	208.05	20.40
	<i>B</i>	3.60	2.05	1200.00	103.52	10.15
	<i>C</i>	3.60	2.06	2000.00	171.69	16.84
	<i>D</i>	3.60	2.05	800.00	69.01	6.77
<i>SG-M-02</i>	<i>A</i>	3.60	2.01	1300.00	114.37	11.22
	<i>B</i>	3.60	2.02	1500.00	131.32	12.88
	<i>C</i>	3.60	2.06	400.00	34.34	3.37
	<i>D</i>	3.60	2.02	450.00	39.39	3.86
	<i>E</i>	3.60	1.96	1550.00	139.85	13.71

**ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL**

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 5731-02 (cargas puntuales diametrales), obteniéndose los siguientes resultados:

<i>Muestra</i>	<i>Sub-muestra</i>	<i>Distancia entre puntas cónicas D (mm)</i>	<i>Longitud L (mm)</i>	<i>Carga P (kN)</i>	<i>De (mm)</i>	<i>Is(50) (MPa)</i>
SG-M-01	A	36.10	80.60	16.00	36.10	10.60
	B	36.00	81.80	13.00	36.00	8.65
	C	36.10	79.80	12.00	36.10	7.95
	D	36.00	79.50	15.00	36.00	9.98
SG-M-02	A	35.00	78.70	11.00	35.00	7.65
	B	36.10	80.00	9.00	36.10	5.96
	C	36.20	79.70	13.00	36.20	8.58
	D	36.10	80.30	20.00	36.10	13.25

**ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

Se ensayaron 5 probetas por cada muestra entregada. Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664

95. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

<i>Muestra</i>	<i>Sub Muestra</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Carga (kg)</i>	$\sigma_{1max}$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)
SG-M-01	A	3.61	7.48	18400.00	176.29	2.00
	B	3.61	7.64	14000.00	134.14	4.00
	C	3.60	7.98	20400.00	196.54	6.00
	D	3.62	7.99	21400.00	203.90	8.00
	E	3.62	8.00	17600.00	167.70	10.00
SG-M-02	A	3.61	8.02	11000.00	105.39	2.00
	B	3.61	7.98	13800.00	132.22	4.00
	C	3.62	7.98	24600.00	234.39	6.00
	D	3.61	7.99	13200.00	126.47	8.00
	E	3.61	8.61	20200.00	193.54	10.00

Nota:

- La empresa solicitante es responsable por la toma de muestras en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el

cliente. Cordialmente,



Dr. Humberto Iván Pehovaz  
Alvarez Laboratorio de Mecánica  
de Rocas Sección Ingeniería de  
Minas



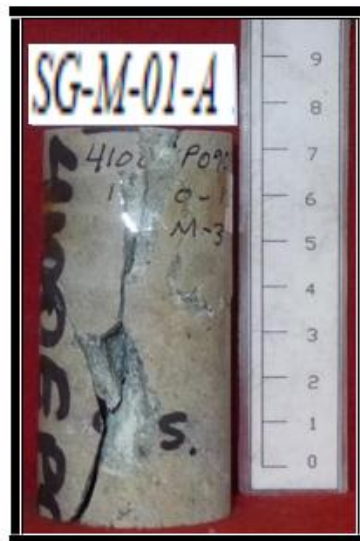
**FOTOS**

***ENSAYOS DE COMPRESIÓN  
SIMPLE***

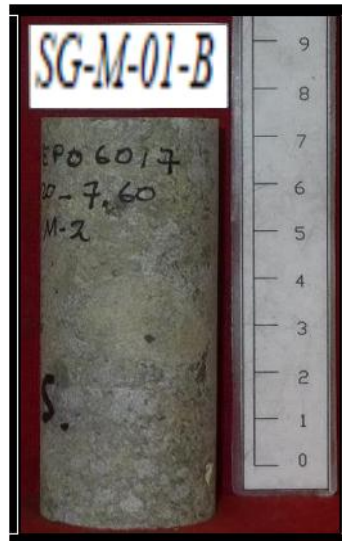
Antes:



Después:



Antes:



Después:



Antes:



Después:



Antes:



Después:



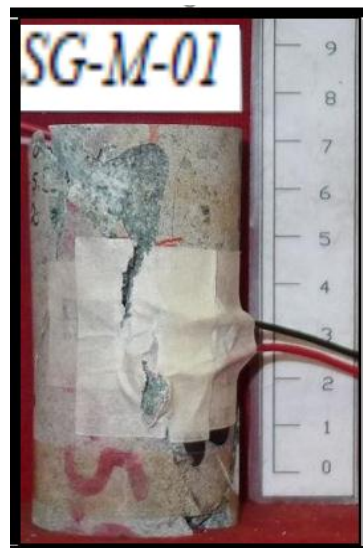
**FOTOS**

***ENSAYOS DE  
PROPIEDADES  
ELÁSTICAS***

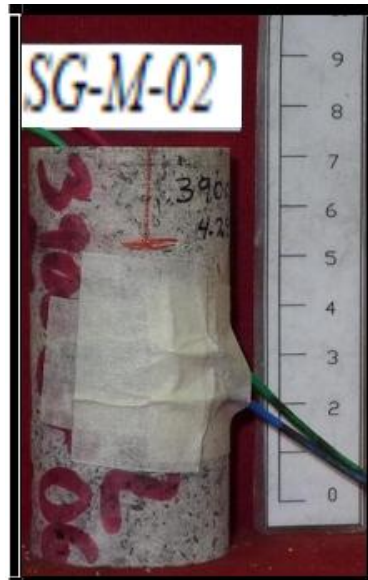
Antes:



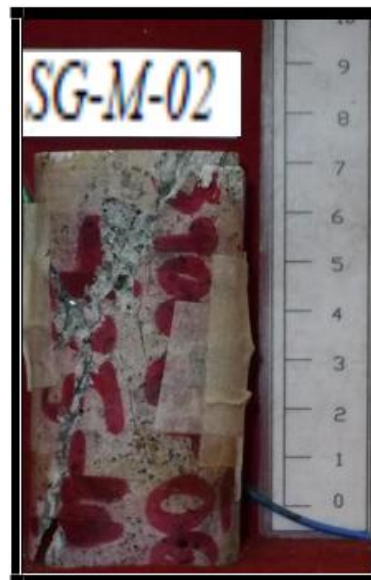
Después:



Antes:



Después:





**FOTOS**

***ENSAYOS DE  
TRACCIÓN  
INDIRECTA***

Antes:



Después:



Antes:



Después:



**FOTOS**

***ENSAYOS DE CARGA***  
***PUNTUAL***

Antes:



Después:



Antes:



Después:



Antes:



Después:



**FOTOS**

***ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN TRIAXIAL***



Antes:



Después:



Antes:



Después:



**Anexo 03. – Fichas de Mapeo Geomecánico y  
Clasificación Geomecánica**

---

		<p align="center"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b></p>									
<p>CLIENTE: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel de minas Buenaventura</p>											
<p>ZONA: Rampa Nv. 4780</p>											
<p>LITOLOGÍA: Arenisca cuarzoosa</p>											
<p align="center"><b>EG - 01</b></p>											
<p>HOJA: 01</p>											
<p>FECHA: 07/08/2015</p>											
<p align="center"><b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b></p>											
1	RESISTENCIA ROCA INTACTA	PICOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1			
	>8 Mpa	lg(50)	>200MPa (15)	4-8	100-200 MPa (12)	1-2	10-25 (2)	3-10 (1)			
<p>VALORACIÓN</p>											
2	RQD		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)					
<p>VALORACIÓN</p>											
3	ESPACIAMIENTO		>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)					
<p>VALORACIÓN</p>											
4	ESTADO DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)						
	VALORACIÓN		TOTALMENTE SECO (10)	7	12						
<p>AGUA SUBTERRANEA</p>											
<p>VALORACIÓN</p>											
<p align="center"><b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b></p>											
RQD	73.7										
Jn	9										
Jr	1										
Ja	1.5										
<p align="center"><b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b></p>											
RMR	54	SIN AJUSTE DE ORIENTACION									
RMR'	57	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO									
Q'	4.2	CORRELACION EN BASE A RMR'									
Q'	5	CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$									
GSI	65 - 70										
<p align="center"><b>OBSERVACIONES</b></p>											
<p>Macizo rocoso alterado y oxidado.</p>											
<p><b>FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA</b></p>											

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>							
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA: 02	FECHA: 07/08/2015				
ZONA : Rampa Nv. 4780		<b>EG - 02</b>					
LITOLOGÍA : Arenisca cuarzosa							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
<b>BUZ./ D. BUZ.</b>	FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		
	80/30	82/56	60/220				
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	Per 10	Per 10	Per 2				
	Rug 1mm	LO/LR 1mm	P/L 1mm				
	Apr 1mm	Apr 1mm	Apr 1mm				
	Rell 10	Rell ARC	Rell LMO				
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b>	40 10 15 20 40 20 19 30 10 20 60	18-75	24-8	30.0			
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)						
<b>RQD (PAMLSTROM)</b>	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)		Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca suave (12)		Superficies pulidas relleno < 5mm, O fisuras abiertas y continuas < 5mm (0)		
	50-75% (13)		0.3-1m (20)		50-300mm (10)		
<b>VALORACION</b>				1-3m (25)		10	
<b>VALORACION</b>				100-200 MPa (12)		25-50 (4)	
<b>VALORACION</b>				4-8		1-2	
<b>VALORACION</b>				>8Mpa		Se prefiere UCS	
<b>VALORACION</b>				>200MPa (15)		10-25 (2) 3-10 (1)	
<b>VALORACION</b>				12		<25% (3)	
<b>VALORACION</b>				13		<50mm (5)	
<b>VALORACION</b>				12		Relleno blando < 5mm O fisuras abiertas y continuas < 5mm (0)	
<b>VALORACION</b>				SOLO HUMEDO (7)		LIGERA PRESION DE AGUA (4)	
<b>VALORACION</b>				7		FLOJOS DE AGUA (0)	
<b>VALORACION</b>				CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)			
<b>RQD</b>	73.1						
<b>Jn</b>	9						
<b>Jr</b>	1.5						
<b>Ja</b>	2						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
<b>RMR</b>	SIN AJUSTE DE ORIENTACION						
<b>RMR'</b>	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO						
<b>Q'</b>	CORRELACION EN BASE A RMR'						
<b>Q'</b>	CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$						
<b>GSI</b>	65 - 70						
<b>OBSERVACIONES</b>							
Macizo rocoso alterado y oxidado							



FO TOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b>					
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		ZONA: Rampa Nv. 4780		HOJA: 03			
CLIENTE: Gáiner Jesús Nina Condori		LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo sa		FECHA: 07/08/2015			
<b>EG - 03</b>							
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
1	RESISTENCIA Roca Intacta	R6	R5	R4	R3	R2	R1
	VALORACION	>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
2	RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
	VALORACION	17	17	17	17	17	
3	ESPACIAMIENTO	>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
	VALORACION	30	25	20	10	5	
4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras abiertas y continuas de roca <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
	VALORACION	25	20	12	0	0	
5	AGUA SUBTERRANEA	TOTALMENTE SECO (10)	SOLO HUMEDO (7)	FLUJOS DE AGUA (0)			
	VALORACION	10	7	0			
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	79.5						
	12						
	15						
	3						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	57	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	60	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	5.6	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	3	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
GSI	50 - 55						
<b>OBSERVACIONES</b>							
VETA ORIENTADA N65°60'; FRACTURA ALEATORIA 68°7200°							
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA</b>							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>														
<b>TESIS:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura												<b>HOJA:</b> 04				
<b>CLIENTE:</b> Gilmer Jesus Nina Condori												<b>FECHA:</b> 07/08/2015				
<b>ZONA:</b> Rampa Nv. 4780												<b>EG - 04</b>				
<b>LITOLOGIA:</b> Arenisca cuarzo sa																
<b>CLASIFICACION RMR (BINIA WSKI, 1976)</b>																
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>																
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	<b>FAMILIA 1</b> 70/220			<b>FAMILIA 2</b> 80/336			<b>FAMILIA 3</b> 22/60			<b>R6</b> >8 MPa >200MPa (15)	<b>R5</b> 4-8 100-200 MPa (12)	<b>R4</b> 2-4 50-100MPa (7)	<b>R3</b> 1-2 25-50 (4)	<b>R2</b> Se prefiere UCS 10-25 (2)	<b>R1</b> 3-10 (1)	
	<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	<b>Per</b> 10	<b>LO/LR</b> 1mm	<b>Rug</b> 10	<b>LO/R</b> 1mm	<b>Rug</b> 10	<b>Per</b> 2	<b>LO/L</b> 1mm	<b>Apr</b> 1mm							<b>VALORACION</b>
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b>	<b>Per</b> 20	<b>LIM/OX</b> 27	<b>25</b> 25	<b>25</b> 25	<b>ARC</b> 20	<b>16</b> 20	<b>28</b> 28	<b>29</b> 30	<b>35</b> 35	<b>26</b> 26	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	<b>24-25</b>			<b>18-5</b>			<b>30-0</b>			<b>&gt;3m (30)</b>	<b>1-3m (25)</b>	<b>0.3-1m (20)</b>	<b>50-300mm (10)</b>	<b>&lt;50mm (5)</b>	<b>&lt;25% (3)</b>	<b>&lt;50mm (5)</b>
<b>RQD (PAMLS/TROM)</b>	<b>72.6</b>															
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>													<b>Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)</b>	<b>Superficies algo rugosas, separación&lt;1mm, paredes de roca suave (12)</b>	<b>Superficies pulidas, relleno&lt;5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)</b>	<b>Relleno blando &lt;5mm O fisuras abiertas y continuas &lt;5mm (0)</b>
<b>VALORACION</b>													<b>TOTALMENTE SECO (10)</b>	<b>SOLO HUMEDO (7)</b>	<b>LIGERA PRESION DE AGUA (4)</b>	<b>FLUJOS DE AGUA (0)</b>
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>													<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>	<b>VALORACION</b>
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>													<b>72.6</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>													<b>RQD</b>	<b>Jn</b>	<b>Jr</b>	<b>Ja</b>
<b>SIN AJUSTE DE ORIENTACION</b>													<b>RMR</b>	<b>RMR'</b>	<b>Q'</b>	<b>Q'</b>
<b>CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO</b>													<b>54</b>	<b>57</b>	<b>4.2</b>	<b>4</b>
<b>CORRELACION EN BASE A RMR'</b>													<b>60 - 65</b>	<b>GSI</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja</b>
<b>FRACTURA ALEATORIA 76°/170°</b>																

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b>							
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel I CIA de minas Buenaventura		HOJA: 05	FECHA: 12/08/2015				
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori		<b>EG - 05</b>					
ZONA: Rampa Nv. 4780							
LITOLOGIA: Arenisca cuarzosa							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
<b>RESISTENCIA A ROCA INTACTA</b>	PCOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
	UCS	>200MPa (15)	>8 Mpa	100-200 MPa (12)	4-8	2-4	Se refiere UCS
VALORACIÓN		RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	17	50-75% (13)	<25% (3)
VALORACIÓN		ESPACIAMIENTO	>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)
VALORACIÓN		ESTADO DE LAS JUNTAS	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras continuas y abiertas y continuas <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
VALORACIÓN		VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10)	10	12	7	FLUJOS DE AGUA (0)
VALORACIÓN		VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10)	10	12	7	FLUJOS DE AGUA (0)
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	76.1						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	2						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	58	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	61	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	6.6	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q''	6	CALCULADO POR: $QD/Jn^*Jr/Ja$					
GSI	65						
<b>OBSERVACIONES</b>							
FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA							



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FA CULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECÁNICA</b>					
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de la bóveda en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura							
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori							
ZONA : Rampa Nv. 4780							
LITOLOGÍA : Areniscas cuarzosas							
<b>EG - 06</b>							
HOJA : 06							
FECHA : 12/08/2015							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PCOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1	E(50) UCS	>8 Mpa	4-8	2-4	I-2	Se refiere UCS	3-10 (1)
VALORACIÓN		>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
RQD		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
VALORACIÓN		>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
ESTADO DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas, sin continuidad, separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, fisuras abiertas y continuas de <5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
VALORACIÓN		TOTALMENTE SECO (10)	TOTALMENTE SECO (10)	SOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)	
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RQD	65.2						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	1						
RMR	58	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	61	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	6.6	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q	11	CALCULADO POR: $QD/Jn*Jr/Ja$					
GSI	60-70						
OBSERVACIONES							
FAMILIA 1 80/85 Per >10m Rug PR 1mm Apr OX. Rell 17		FAMILIA 2 40/30 Per >5m Rug PR 1mm Apr OX. Rell 20 25 26 18 20 20 18		FAMILIA 3 70/310 Per >5m Rug PR 1mm Apr OX.ZQ Rell 19.0			
BUZ./ D. BUZ CONDICION DE DISCONTINUIDADES ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)		65.2					
FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA							

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>									
<b>TESIS:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel I CIA de minas Buenaventura		<b>HOJA:</b> 07	<b>FECHA:</b> 12/08/2015						
<b>CLIENTE:</b> Gilmer Jesus Nina Condori		<b>EG - 07</b>							
<b>ZONA:</b> Rampa Nv. 4780		<b>LITOLOGÍA:</b> Areniscas cuarzosas							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>									
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	<b>FAMILIA 1</b> 80/65		<b>FAMILIA 2</b> 80/160		<b>FAMILIA 3</b>				
	Per >10m Rug 1mm Apr Rell OZ, OX	Per >2m Rug PR 1mm Apr Rell OX	Per Rug Apr Rell	Per Rug Apr Rell	R6 >8Mpa UCS >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 1-2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	15		20		20		25-50% (8)		<25% (3)
<b>ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	15		20		20		0.3-1m (20)		<50mm (5)
<b>RQD (FAMLISTROM)</b>	77.5		77.5		77.5		Superficies pulidas Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)		
	15		20		20		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)		
<b>VALORACION</b>	15		20		20		Superficies muy rugosas, sin continuidad, separación <1mm, paredes de roca dura (25)		
	15		20		20		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)		
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>		TOTALMENTE SECO (10)		TOTALMENTE SECO (10)		MOLO HUMEDO (7)		LIGERA PRESION DE AGUA (4)	
<b>VALORACION</b>		10		10		10		4	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>									
<b>RQD</b>	77.5								
<b>Jn</b>	9								
<b>Jr</b>	1.5								
<b>Ja</b>	1.5								
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>									
<b>RMR</b>	54								
<b>RMR'</b>	60								
<b>Q'</b>	5.9								
<b>Q'</b>	9								
<b>GSI</b>	55								
<b>OBSERVACIONES</b>									
SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: <b>RQD/Jn*Jr/Ja</b>									
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAÁNICA</b>									

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b>					
<b>TESIS:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buena Ventura		<b>HORA:</b> 08 <b>FECHA:</b> 12/08/2015		<b>EG - 08</b>			
<b>CLIENTE:</b> Gilmer Jesus Nina Condori <b>ZONA:</b> Rampa Nv. 4780 <b>LITOLOGÍA:</b> Areniscas cuarzosas							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A Roca Intacta	PECOTA k(50) UCS	R6 >8 Mpa >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 1-2 25-50 (4)	R2 Se pefiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)
1							
CONDICION DE DISCONTINUIDADES		RQD		VALORACION		VALORACION	
2		90-100%(20)	75-90%(17)	50-75%(13)	25-50%(8)		<25%(3)
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)		ESPACIAMIENTO		VALORACION		VALORACION	
3		>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)		<50mm (5)
ESTADO DE LAS JUNTAS		VALORACION		VALORACION		VALORACION	
4		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, superficies continuas de 1-5mm (6)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras continuas y aberturas <5mm (0)		
AGUA SUBTERRANEA		VALORACION		VALORACION		VALORACION	
5		TOTALMENTE SECO (10)	20	LO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE		FLUJOS DE AGUA (0)
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	70.1						
Jn	9						
Jr	1.5						
Ja	1.5						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	54	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR	60	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
'Q'	5.9	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	8	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
GSI	65-70						
<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>FOOTGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA</b>							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b>					
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura							
CLIENTE : Gilmer Jesus Nina Condori							
ZONA : Rampa Nv. 4780							
LITOLOGIA : Areniscas cuarzosas							
<b>EG - 09</b>							
HOJA : 09							
FECHA : 12/08/2015							
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
<b>1</b>	RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PICOTA Es(50) UCS	R5 4-8 100-200 MPa (15) 50-100MPa (7)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 F2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)
	VALORACION RQD		75-90% (17)	7	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)
<b>2</b>	VALORACION ESPACIAMIENTO		1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
<b>3</b>	ESTADO DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies pulidas, relleno<5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
<b>4</b>	VALORACION AGUA SUBTERRANEA		TOTALMENTE SECO (10)	20	7	4	FLUJOS DE AGUA (0)
<b>5</b>	VALORACION		TOTALMENTE SECO (10)	7	4	4	FLUJOS DE AGUA (0)
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	75.8				7	4	4
Jn	12				7	4	4
Jr	1.5				7	4	4
Ja	1.5				7	4	4
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	56	SIN AJUSTE DE ORIENTACION			7	4	4
RMR'	62	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO			7	4	4
Q'	7	CORRELACION EN BASE A RMR'			7	4	4
Q'	6	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja			7	4	4
GSI	55-60				7	4	4
OBSERVACIONES							
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>					
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel C/IA de minas Buenaventura							
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori							
ZONA: Rampa Nv. 4780							
LITOLOGIA: Arenisca cuarzo-sa							
<b>EG - 10</b>							
HOJA: 10							
FECHA: 12/08/2015							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A Roca Intacta	PíCOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1	Is(50) UCS	>8 Mpa >200MPa (15)	4-8 100-200 MPa (12)	2-4 50-100MPa (7)	I-2 25-50 (4)	Se refiere UCS 10-25 (2)	3-10 (1)
2	RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
3	ESPACIAMIENTO	>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300 mm (10)	<50mm (5)	
4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies a los rugosas, separación <1m, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
5	VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10)	SOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE	FLUJOS DE AGUA (0)		
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	69.7						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	15						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	60	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	63	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	7.8	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	8	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
GSI	60	OBSERVACIONES					
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAÁNICA</b>							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>																								
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura												HOJA: II														
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori												FECHA: 12/08/2015														
ZONA: Rampa Nv. 4780												<b>EG - 11</b>														
LITOLOGIA: Arenisca cuarzo sa																										
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>																										
BUZ/ D. BUZ	FAMILIA 1 80/50			FAMILIA 2 25/215			FAMILIA 3 65/340			R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 1-2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)												
	Per >10m Rug PR <5mm Apr Rell	Per >5m Rug PR <5mm Apr Rell	Per >5m Rug PR <1mm Apr Rell	Per 10 15 20 30 40 Rug PR <5mm Apr Rell	Per 15 20 25 30 40 Rug PR <5mm Apr Rell	Per 15 20 25 30 40 Rug PR <1mm Apr Rell	Per 30 35 40 45 Rug PR <1mm Apr Rell	Per 30 35 40 45 Rug PR <1mm Apr Rell	Per 30 35 40 45 Rug PR <1mm Apr Rell																	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	VALORACION																									
ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	17 75-90% (17) 1-3m (25) 0.3-1m (20)																									
RQD (P.A.MLSTROM)	76.7 Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (20) Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)																									
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA																										
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>												VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>												RQD 76.7	Jn 9	Jr 1.5	Ja 1.5	RMR 61	RMR' 61	Q' 6.6	Q' 9	GSI 60	SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$	FLUJOS DE AGUA (0)	FLUJOS DE AGUA (0)	FLUJOS DE AGUA (0)	FLUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>												VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10	VALORACION 10
<b>OBSERVACIONES</b>																										

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECÁNICA</b>																	
<b>TEMA:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura												HOJA : 12							
<b>CLIENTE:</b> Gilmer Jesus Nhaa Condori												FECHA: 15/08/2015							
<b>ZONA:</b> Rampa Nv. 4780												<b>EG - 12</b>							
<b>LITOLOGIA:</b> Arenisca cuarzoza																			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>																			
<b>BUZ./ D. BUZ.</b>	FAMILIA 1			FAMILIA 2			FAMILIA 3			R5			R3		R2		R1		
	85/70	65/300			40/30			4-8			1-2		10-25 (2)		3-10 (1)				
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	Per	>10m	>5m	>5m	Per	>5m	PR	PR	PR	100-200 MPa (12)	50-100 MPa (7)	2.5-50 (4)	4						
	Rug	<1mm	<1mm	<1mm	Rug	<1mm	PR	PR	75-90% (17)	50-75% (13)	50-50% (8)								
	Apr	OX	OX	OX	Apr	OX	OX	OX	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN								
	Reil	OX	OX	OX	Reil	OX	OX	OX	90-100% (20)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)								
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b>	20	15	18	12	20	20	20	20	20	1-3m (25)									
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	16.25			20.0			14.0												
<b>RQD (PAMLSTROM)</b>	54.6																		
<b>FO TOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA</b>												VALORACIÓN		VALORACIÓN		VALORACIÓN		VALORACIÓN	
												TOTALMENTE SECO (10)		SOLO HUMEDO (7)		LIGERA PRESION DE AGUA (4)		FUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>												RQD 54.6		Jn 9		Jr 1.5		Ja 1.5	
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>												RMR 45		RMR' 48		Q' 1.5		Q' 6	
SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: <b>RQD/Jn*Jr/Ja</b>												GSI 60-65		OBSERVACIONES		Matizo rocoso masivo con juntas cerradas.		OBSERVACIONES	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>							
<b>TES IS :</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		<b>HOJA :</b> 13 <b>FECHA :</b> 15/08/2015					
<b>CLIENTE :</b> Gilmer Jesus Nina Condo ri <b>ZONA :</b> Rampa Nv. 4780 <b>LITOLOGIA :</b> Arenisca cuarzo sa		<b>EG - 13</b>					
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIA WSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A R OCA INTACTA	P ICOTA kg(50) UCS	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1	>8 Mpa >200MP a (15)	100-200 MP a (12)	4-8	2-4	1-2	10-25 (2)	3-10 (1)
2	RQD 90-100%(20)	75-90%(17)	50-75%(13)	7	4	<2.5% (3)	
3	ESPACIAMIENTO VALORACIÓN	>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
4	ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACIÓN	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1m paredes de roca dura (20)	Superficies a lgo rugosas, separación<1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
5	AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10)	MOLO HUMEDO (7)	7	6	LIGERA PRESION DE	FLUJOS DE AGUA (0)
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	Jn	Jr	Ja				
53.2	12	1.5	3				
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	SIN AJUSTE DE ORIENTACION						
RMR'	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO						
Q'	CORRELACION EN BASE A RMR'						
Q'	CALCULADO POR: $QD/In*Ir/Ja$						
GSI	65						
OBSERVACIONES							
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>				<b>FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA</b>			
BUZ./ D. RUZ	FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		
	Per	>10m	Per	>10m	Per	>10m	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	Rug	PR	Rug	PR	Rug	PR	9,8
	Apr	<1mm	Apr	<1mm	Apr	Cerrado	
ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	Rell	Ox	Rell	OX	Rell	OX	53.2
	25	30	25	18	20	10	
		30.0		19.5		9.8	

Zona de corte ubicado en la caja piso cercana,



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>					
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori ZONA: Rampa Nv. 4780 LITOLOGIA: Areniscas duras		HOJA: 14 FECHA: 11/2 1/2 013	<h2 style="margin: 0;">EG - 14</h2>				
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A ROCA	P.COTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1		>8 Mpa	4-8	2-4	F2	Se prefiere UCS	
		>20 MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100 MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
VALORACION							
2		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
VALORACION							
3		>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
VALORACION							
4		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
ESTADO DE LAS JUNTAS							
VALORACION							
5		TOTALMENTE SECO (10)	10	7	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FUJOS DE AGUA (0)	
VALORACION							
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	64.5						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	1						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	57	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	60	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	5.9	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	11	CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$					
GSI	60-65	OBSERVACIONES					
<b>MACIZO TOCOSO MASIVO</b>							
<b>ESTACION GEO MECANICA</b>							

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>							
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Gálmel/Jesus Nina Condori LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo sa		HOJA: 15 FECHA: 17/08/2015					
<b>EG - 15</b>							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PICOTA k(50) UCS	R5	R4	R3	R2	R1	
1	>8Mpa >20MPa (15) VALORACIÓN	4-8 100-200 MPa (12)	2-4 50-100MPa (7) 7	1-2 25-50 (4)	Se prefiere UCS 10-25 (2)	3-10 (1)	
2	90-100% (20) VALORACIÓN	75-90% (17) 17	50-75% (13) 13	25-50% (8)	<25% (3)	<25% (3)	
3	>3m(30) VALORACIÓN	1-3m (25)	0.3-1m (20) 20	50-300mm (10) 10	<50mm (5)	<50mm (5)	
4	ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACIÓN	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) 20	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca suave (12) 12	Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras a bie rtas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)		
5	AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10) 10	SOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)		
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	74.8						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	1						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	67	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	67	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	12.9	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	12	CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$					
GSI	65-70						
<b>OBSERVACIONES</b>							
Macizo Rocoso Masivo							
B UZ./ D. B UZ		FAMILIA 1 82/45 Per >10m Rug PR Apr lmm Rell OX		FAMILIA 2 30/220 Per >10m Rug PR Apr lmm Rell OX		FAMILIA 3 75/150 Per <5m Rug PR Apr lmm Rell OX	
ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)		33.3 31.3		74.8 31.3		16.8	
RQD (P.A.MLS TROM)		33.3		74.8		16.8	
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>					
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CA de minas Buenaventura							
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condoni							
ZONA : Rampa Nv. 4780							
LITOLOGÍA : Arenisca cuarzoosa							
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>							
BUZ./ D. BUZ	FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		
	80/100	35/20	85/170				
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	Per	>10m	Per	>10m	Per	>10m	
	Rug	PLANO RUGOSO 1mm	Rug	PLANO RUGOSO 1mm	Rug	PLANO RUGOSO 1mm	
	Apr.		Apr.		Apr.		
	Rel.		Rel.		Rel.		
ESPACIAMIENTO (cm)	10	15	20	20	15	15	
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	15		21.3		51.3		
RQD (P AMLSTROM)	71.0						
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>							
HOJA : 16					FECHA : 17/08/2015		
<b>EG - 16</b>							
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A Roca Intacta	PECOTA k(50) UCS	R6 >8 Mpa >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 E2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)
VALORACION				7			
RQD	90-100% (20)		75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
ESPACIAMIENTO VALORACION		>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACION		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
AGUA SUBTERRANEA VALORACION		TOTALMENTE SECO (10)	20	7	LIGERA PRESION DE FLUJOS DE AGUA (0)		
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	71				7		
Jn	9				7		
Jr	1.5				7		
Ja	1.5				7		
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	62				SIN AJUSTE DE ORIENTACION		
RMR'	65				CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO		
Q'	10.3				CORRELACION EN BASE A RMR'		
Q'	8				CALCULADO POR: $RQD/Jn^*Jr/Ja$		
GSI	60 - 65				OBSERVACIONES		
MACISO ROCOSO EN CONDICIONES SECAS.							

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>										
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori ZONA: Rampa Nv. 4780 LITOLÓGIA: Arenisca cuarzo sa												HOJA: 17 FECHA: 17/08/2015
<b>EG - 17</b>												
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>												
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		<b>R6</b> >8 Mpa >200 MPa (15)	<b>R5</b> 4-8 100-200 MPa (12)	<b>R4</b> 2-4 50-100 MPa (7)	<b>R3</b> 1-2 25-50 (4)	<b>R2</b> Se prefire UCS 10-25 (2)	<b>R1</b> 3-10 (1)
	80/60 Per >0m Rug 1mm Apr Rell	15/210 Per >5m PR 1mm Apr Rell	325/75 Per >0m PR 1mm Apr Rell									
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	16.25 20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		17.0 18 2.2 10 18 50 60 45 50		51.3 18 2.2 10 18 50 60 45 50		90-100% (24) >3m (30)	75-90% (17) 1-3m (25)	50-75% (13) 0.3-1m (20)	25-50% (8) 50-300mm (10)	<25% (3) <50mm (5)	<25% (3) <50mm (5)
	20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		18 2.2 10 18 50 60 45 50		18 2.2 10 18 50 60 45 50							
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b> <b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		17.0		51.3		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies muy rugosas, sin separación, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
	20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		17.0		51.3							
<b>RQD (P.AMLSTROM)</b>	20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		17.0		51.3		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies muy rugosas, sin separación, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
	20 15 10 20 18 2.2 10 18 50 60 45 50		17.0		51.3							
<b>FO TOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>												
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b> SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$												
<b>RQD</b>	68.8											
<b>Jn</b>	9											
<b>Jr</b>	1.5											
<b>Ja</b>	1.5											
<b>RMR</b>	59											
<b>RMR'</b>	62											
<b>Q'</b>	7											
<b>Q'</b>	8											
<b>CSI</b>	65											
OBSERVACIONES MACIZO ROCOSO HÚMEDO												

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>				
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el Proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura LITOLOGÍA: Arenisca cuarzosas		HOJA: 18 FECHA: 17/08/2015		
<b>EG - 18</b>				
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>				
B.UZ./ D. BUZ	FAMILIA 1 80/60 Per >10m Rug PR Apr Inm Rell OX		FAMILIA 2 10/205 Per >5m Rug PR Apr Inm Rell OX	
	FAMILIA 3		FAMILIA 3	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	Per >10m Rug PR Apr Inm Rell OX		Per >5m Rug PR Apr Inm Rell OX	
ESPACIAMIENTO (cm)	20 30 35 40 20 25 30 20		20 25 30 20	
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	3 125		23 8	
RQD (P.A.M.L.S.T.R.O.M)	90-100% (20) VALORACION 17		75-90% (17) VALORACION 17	
ESTADO DE LAS JUNTAS	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	
	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	
VALORACION	10		7	
AGUA SUBTERRANEA	TOTALMENTE SECO (10)		MOLO HUMEDO (7)	
VALORACION	10		7	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>				
RQD	90.5			FLUJOS DE AGUA (0)
Jn	6			LIGERA PRESION DE AGUA (4)
Jr	15			
Ja	1			
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>				
RMR	68			SIN AJUSTE DE ORIENTACION
RMR'	71			CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO
Q'	19			CORRELACION EN BASE A RMR'
Q'	23			CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$
CSI	65			
OBSERVACIONES				
MACIZO ROCOSO CON ZONAS PUNTUALES DE HUMEDAD				



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>		
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		
CLIENTE: Guímer Jesús Nina Condo ri		
ZONA: Rampa Nv. 4780		
LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo sa		
<b>EG - 19</b>		
HOJA : 19		
FECHA: 21/08/2015		
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>		
<b>RESISTENCIA A LA ROTA INTACTA</b>	<b>PICOTA</b>	<b>R6</b>
1	Is(50) UCS	>8 Mpa >200MPa (15)
<b>VALORACION</b>	<b>R5</b>	<b>R4</b>
2	100-200 MPa (12)	4-8 50-100MPa (7)
<b>RQD</b>	<b>R3</b>	<b>R2</b>
3	75-90% (17)	I2 25-50 (4)
<b>ESPACIAMIENTO</b>	<b>R1</b>	Se prefiere UCS
4	90-100% (20)	10-25 (2) 3-10 (1)
<b>VALORACION</b>	<b>R0</b>	<25% (3)
5	>3m(30)	50-300mm (10)
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>	<b>R0</b>	<50mm (5)
6	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies pulidas rele no <5 mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
<b>VALORACION</b>	<b>R0</b>	<5mm (6)
7	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies pulidas rele no <5 mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>R0</b>	FLUJOS DE AGUA (0)
8	TOTALMENTE SECO (10)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)
<b>VALORACION</b>	<b>R0</b>	4
9	CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)	7
<b>RQD</b>	73.4	4
<b>Jn</b>	9	4
<b>Jr</b>	1.5	4
<b>Ja</b>	2	4
<b>RMR</b>	52	SIN AJUSTE DE ORIENTACION
<b>RMR'</b>	58	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO
<b>Q'</b>	4.5	CORRELACION EN BASE A RMR'
<b>Q'</b>	6	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja
<b>GSI</b>	60	OBSERVACIONES
<b>FO TO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAÁNICA</b>		

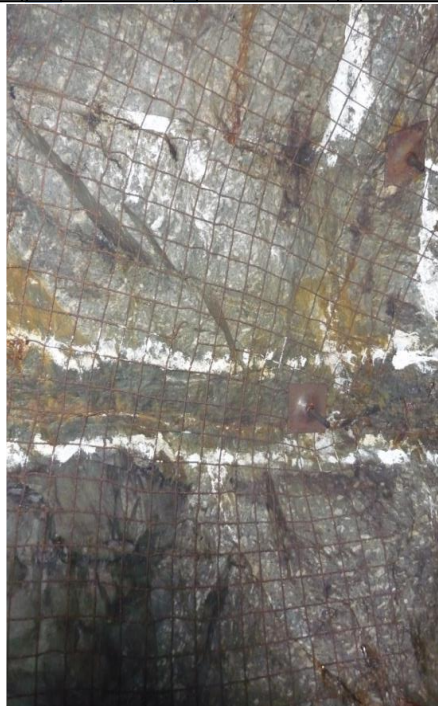
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>																																																																							
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura LITOLOGIA: Arenisca cuarzo sa																																																																							
HOJA: 20 FECHA: 21/08/2015																																																																							
EG - 20																																																																							
CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)																																																																							
<b>RESISTENCIA A LA ROTA INTACTA</b> VALORACIÓN RQD VALORACIÓN ESPACIAMIENTO VALORACIÓN ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACIÓN AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R6</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R4</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">R1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>&gt;8 Mpa</td> <td>4-8</td> <td>2-4</td> <td>I-2</td> <td>Se prefere UCS</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>&gt;200 MPa (15)</td> <td>100-200 MPa (12)</td> <td>50-100 MPa (7)</td> <td>2.5-5.0 (4)</td> <td>10-25 (2)</td> <td>3-10 (1)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>90-100% (20)</td> <td>75-90% (17)</td> <td>50-75% (13)</td> <td>25-50% (8)</td> <td>&lt;25% (3)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>&gt;3m(30)</td> <td>1-3m (25)</td> <td>0.3-1m (20)</td> <td>50-300mm (10)</td> <td>&lt;50mm (5)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)</td> <td>Superficies algo rugosas, separación &lt; 1mm, paredes de roca dura (20)</td> <td>Superficies algo rugosas, separación &lt; 1mm, paredes de roca suave (12)</td> <td>Superficies pulidas relleno &lt; 5mm, O fisuras abiertas y continuas &lt; 5mm (6)</td> <td></td> <td>Relleno blando &lt; 5mm O fisuras abiertas y continuas &lt; 5mm (0)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TOTALMENTE SECO (10)</td> <td>20</td> <td>7</td> <td>LIGERA PRESION DE AGUA (4)</td> <td></td> <td>FLUJOS DE AGUA (0)</td> </tr> </table>	1	R6	R5	R4	R3	R2	R1		>8 Mpa	4-8	2-4	I-2	Se prefere UCS			>200 MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100 MPa (7)	2.5-5.0 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)				7					90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)				17						>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)					20	10				Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno < 5mm, O fisuras abiertas y continuas < 5mm (6)		Relleno blando < 5mm O fisuras abiertas y continuas < 5mm (0)		TOTALMENTE SECO (10)	20	7	LIGERA PRESION DE AGUA (4)		FLUJOS DE AGUA (0)
1	R6	R5	R4	R3	R2	R1																																																																	
	>8 Mpa	4-8	2-4	I-2	Se prefere UCS																																																																		
	>200 MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100 MPa (7)	2.5-5.0 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)																																																																	
			7																																																																				
	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)																																																																		
		17																																																																					
	>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)																																																																		
			20	10																																																																			
	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación < 1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno < 5mm, O fisuras abiertas y continuas < 5mm (6)		Relleno blando < 5mm O fisuras abiertas y continuas < 5mm (0)																																																																	
	TOTALMENTE SECO (10)	20	7	LIGERA PRESION DE AGUA (4)		FLUJOS DE AGUA (0)																																																																	
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)																																																																							
RQD Jn Jr Ja	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">90</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1.5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1.5</td> </tr> </table>	90	9	1.5	1.5																																																																		
90	9	1.5	1.5																																																																				
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION																																																																							
RMR RMR' Q' Q' CSI	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">62</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">65</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10.3</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">65</td> </tr> </table>	62	65	10.3	10	65																																																																	
62	65	10.3	10	65																																																																			
OBSERVACIONES																																																																							
CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES BUZ./ D. BUZ. CONDICION DE DISCONTINUIDADES ESPACIAMIENTO (cm) RQD (P.A.M.L.S.TROM)	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">FAMILIA 1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">FAMILIA 2</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">FAMILIA 3</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">70/60</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">25/180</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Per &gt;10m</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Per &gt;10m</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Per</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rug PR lmm</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rug PR lmm</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rug PR lmm</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Apr lmm</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Apr lmm</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Apr lmm</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rell OX</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rell OX</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Rell</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">30 10 20 25 40 50 30</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">20 20 20 20 20 20 30</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">2125</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">350</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">90.0</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"></td> </tr> </table>	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	70/60	25/180		Per >10m	Per >10m	Per	Rug PR lmm	Rug PR lmm	Rug PR lmm	Apr lmm	Apr lmm	Apr lmm	Rell OX	Rell OX	Rell	30 10 20 25 40 50 30	20 20 20 20 20 20 30	30	2125	350			90.0																																												
FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3																																																																					
70/60	25/180																																																																						
Per >10m	Per >10m	Per																																																																					
Rug PR lmm	Rug PR lmm	Rug PR lmm																																																																					
Apr lmm	Apr lmm	Apr lmm																																																																					
Rell OX	Rell OX	Rell																																																																					
30 10 20 25 40 50 30	20 20 20 20 20 20 30	30																																																																					
2125	350																																																																						
	90.0																																																																						
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA																																																																							

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO		FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS		CLASIFICACION GEOMECAICA			
ZONA: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel Cía de minas Buenaventura		HOJA: 21		FECHA: 21/08/2015			
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condoni		ZONA: Rampa Nv. 4780		LITOLOGIA: Areniscas cuarzosas			
<b>EG - 21</b>							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A R.O.C.A. INTACTA	P.COTA R(50) UCS	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1	>8 Mpa >200MPa (15)	100-200 MPa (12)	4-8 100-200 MPa (7)	2-4 50-100MPa (7)	1-2 25-50 (4)	Se prefiere UCS 10-25 (2)	3-10 (1)
VALORACION							
2	RQD 90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	7	25-50% (8)	<25% (3)	
VALORACION							
3	ESPACIAMIENTO >3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	13	50-300mm (10)	<50mm (5)	
VALORACION							
4	ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACION	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (20)	20	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
VALORACION							
5	AGUA SUBTERRANEA VALORACION	TOTALMENTE SECO (10)	20	7	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)	
VALORACION							
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	70.1						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	1						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	62	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	65	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	10.3	CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	12	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
GSI	60-70						
OBSERVACIONES							
MACIZO ROCOSO CON HUMEDAD							
BUZ./ D. B UZ		FAMILIA 1 85.50 Per >10m Rug PR 1mm Apr Rell OX.		FAMILIA 2 20/230 Per >5m Rug PR 1mm Apr Rell OX.		FAMILIA 3 85/280 Per >5m Rug PR 1mm Apr Rell OX,ZQ	
ESPACIAMIENTO (cm) 15 20 15 15 40 30 20 25 20 20		16.25		36.3		2.13	
RQD (P.A.M.L.S.TROM)		70.1					
FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA							



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>										
TESIS : Evaluación geo mecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA : 22								
ZONA : Rampa Nv. 4780		FECHA : 21/08/2015								
LITOLOGÍA : Areniscas cuarzosas		<b>EG - 22</b>								
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>										
<b>BUZ / D. BUZ</b>	FAMILIA 1 80/50		FAMILIA 2 80/60		FAMILIA 3					
	Per >10m Rug 1mm Apr Rell OZ,OX	Per >2m Rug 1mm Apr Rell OX	Per 10 20 15 Rug 20 25 20 Apr 20 20 20 Rell 15	Per 20 25 20 Rug 20 20 20 Apr 20 20 20 Rell 20	Per 20 20 20 Rug 20 20 20 Apr 20 20 20 Rell 20	R6 >8 Mpa UCS >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 1-2 25-50 (4)	R2 Se prefirere UCS 10-25 (2)
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	PR 1mm OZ,OX		PR 1mm OX		PR 1mm OX		75-90% (17) 50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	<25% (3)
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b>	15		15		15		0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	<50mm (5)
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	15		21.3		0.0		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras abietras y continuas <5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abietras y continuas <5mm (0)
<b>RQD (P.A.M.LSTROM)</b>	77.5		77.5		0.0		ESTADO DE LAS JUNTAS	VALORACIÓN	VALORACIÓN	VALORACIÓN
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>										
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>				TOTALMENTE SECO (10)		OILO HUMEDO (7)		LIGERA PRESION DE		FLUJOS DE AGUA (0)
<b>VALORACIÓN</b>				VALORACIÓN		VALORACIÓN		VALORACIÓN		VALORACIÓN
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>										
<b>RQD</b>	77.5									
<b>Jn</b>	9									
<b>Jr</b>	1.5									
<b>Ja</b>	1.5									
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>										
<b>RMR</b>	57									
<b>RMR'</b>	60									
<b>Q'</b>	5.9									
<b>Q'</b>	9									
<b>GSI</b>	55									
OBSERVACIONES										
<b>SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES PARALELO A LA VETA</b>										

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>						
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura		HOJA: 23	FECHA: 21/08/2015			
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori		<b>EG - 23</b>				
ZONA: Rampa Nv.-4780						
LITOLOGÍA: Areniscas cuarzosas						
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>						
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 80/160		FAMILIA 2 80/75		FAMILIA 3 35/185	
	Per >30m Rug <1mm Apr Rell -	Per >30m Rug 1mm Apr Rell OX	Per >30m Rug 1mm Apr Rell OX	Per >5m PR Apr Rell OX	R6 >8 Mpa UCS >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)
CONDICION DE DISCONTINUIDADES		R3 1-2 2.5-5.0 (4)		R2 Se prefirere UCS 10-25 (2) 3-10 (1)		R1 <25% (3)
ESPACIAMIENTO (cm) 30 40 30 25 10 20 30 15		ESPACIAMIENTO >3m (30)		ESPACIAMIENTO 0.3-1m (20)		<50mm (5)
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm) 31.25		ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm) 18.8		ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm) 20		<50mm (5)
RQD (PAMLS/TROM)		ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)		Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca suave (12)		Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras abietas y continuas <5mm (0)
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA		VALORACIÓN 20		VALORACIÓN 7		VALORACIÓN 10
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA		AGUA SUBTERRANEA TOTALMENTE SECO (10)		AGUA SUBTERRANEA SOLO HUMEDO (7)		AGUA SUBTERRANEA LIGERA PRESION DE AGUA (4)
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>						
RQD 78.3		Jn 9		Jr 1.5		Ja 0.75
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>						
RMR 66		RMR' 69		Q' 16.1		Q' 17
SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$		65-70		OBSERVACIONES		MACIZO ROCOSO MASIVO



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FA CUL TAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>						
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA : 24	FECHA : 21/08/2015			
ZONA : Rampa Nv. 4780		<b>EG - 24</b>				
LITOLOGIA : Arenisca cuarzoza						
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>						
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	FAMILIA 1 85/284		FAMILIA 2 80/339		FAMILIA 3 82/205	
	Per >10m Rug lmm Apr lmm Rell OX	Per >5m Rug lmm Apr lmm Rell OX	Per >5m Rug lmm Apr lmm Rell OX	Per >5m Rug lmm Apr lmm Rell OX	PR lmm lmm OX	PR lmm lmm OX
ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	10 18 16 17 12	15.25	12 24 16 23	18.8	20 30 25 30	26.3
RQD (PAMLSTROM)	<b>75.8</b>					
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA</b>						
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>						
RQD 75.8 Jn l2 Jr l5 Ja l5	SUPERFICIES MUY RUGOSAS, SIN CONTINUIDAD, SIN SEPARACION, PAREDES DE ROCA DURA (25)	SUPERFICIES ALGO RUGOSAS, SEPARACION <1m, PAREDES DE ROCA DURA (20)	SUPERFICIES PUIDAS, RELLENO <5mm, O FISURAS ABIERTAS Y CONTINUAS DE 1-5mm (6)	RELLENO BLANDO <5mm O FISURAS ABIERTAS Y CONTINUAS <5mm (0)	TOTALMENTE SECO (10) VALORACION	OILO HUMEDO (7) 7
RMR' 55 RMR' 58 Q' 4.7 Q' 6 GSI 55-60	SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$					
OBSERVACIONES MACIZO ROCOSO HÚMEDO SOSTENEMINETO CON MALLA Y PERNOS						

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>			
<b>CLIENTE:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel de Minas Buenaventura		<b>HORA:</b> 25 <b>FECHA:</b> 23/08/2015	
<b>ZONA:</b> Rampa Nv. 4780		<h1 style="margin: 0;">EG - 25</h1>	
<b>LITOLOGIA:</b> Arenisca cuarzoza			
CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES			
FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	
80/84	85/335	54/76	
Per >10m	Per >10m	Per >3m	
Rug PR	Rug PR	Rug PR	
Apr Imm	Apr Imm	Apr Imm	
Rell OX	Rell OX	Rell OX	
20 22 30 12 26 15 18 40 23 25 13 20	24.8	20.3	
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b> 20 22 30 12 26 15 18 40 23 25 13 20			
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b> Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)			
<h2 style="margin: 0;">69.7</h2>			
<b>RQD (PAMLSROM)</b>			
<b>FO TOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>			
CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)			
RESISTENCIA ROKA INTACTA	PICOTA UCS	R4	R1
100-200 MPa (12)	>200MPa (15)	2-4	Se prefere UCS 10-25 (2) 3-10 (1)
<b>VALORACION</b> 7			
<b>RQD</b> 75-90% (17)			
<b>VALORACION</b> 7			
<b>ESPACIAMIENTO</b> 1-3m (25)			
<b>VALORACION</b> 10			
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b> Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)			
<b>VALORACION</b> 20			
<b>AGUA SUBTERRANEA</b> TOTALMENTE SECO (10)			
<b>VALORACION</b> 7			
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)			
<b>RQD</b>	69.7		
<b>Jn</b>	9		
<b>Jr</b>	1.5		
<b>Ja</b>	1.5		
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION			
<b>RMR</b>	60	SIN AJUSTE DE ORIENTACION	
<b>RMR</b>	63	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO	
<b>'Q'</b>	7.8	CORRELACION EN BASE A RMR	
<b>Q'</b>	8	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja	
<b>GSI</b>	60		
<b>OBSERVACIONES</b> MACIZO ROCOSO SECO			

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>							
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Gálmer Jesús Nina Condori LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo sa		HOJA: 26 FECHA: 23/08/2015					
<b>EG - 26</b>							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A LA ROTA INTACTA	PECOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
1	UCS	>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
VALORACION							
RQD 75-90% (17) 50-75% (13) 25-50% (8)							
VALORACION							
ESPACIAMIENTO >3m(30) 1-3m (25) 0.3-1m (20) 50-300mm (10)							
VALORACION							
ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12) Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras y aberturas y continuas <5mm (0)							
VALORACION							
AGUA SUBTERRANEA TOTALMENTE SECO (10) MOLO HUMEDO (7) LIGERA PRESION DE AGUA (4)							
VALORACION							
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
RQD	76.7						
Jn	9						
Jr	15						
Ja	15						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
RMR	61 SIN AJUSTE DE ORIENTACION						
RMR'	61 CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO						
Q'	6.6 CORRELACION EN BASE A RMR'						
Q'	9 CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$						
GSI	60						
OBSERVACIONES							
MACIZO ROCOSO SECO							
BUZ./ D. BUZ CONDICION DE DISCONTINUIDADES ESPACIAMIENTO (cm) RQD (PAMLSTROM)		FAMILIA 1 80/50 Per >10m Rug PR <5mm Apr Rell		FAMILIA 2 25/25 Per >5m Rug PR <5mm Apr Rell		FAMILIA 3 65/340 Per >5m Rug PR <1mm Apr Rell	
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)		16.25		32.5		42.0	
FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA							

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>			
ZONA : Rampa Nv. 4780 LITOLOGIA : Arenisca con yesosa CLIENTE : Gilmer Jesus Nina Condori TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buena ventura			
HOJA : 27 FECHA : 11/09/2015		EG - 27	
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>			
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	FAMILIA 1 75/80 Per >10m Rug PR <1mm Apr OX Rell 20	FAMILIA 2 30/200 Per >5m Rug PR <1mm Apr OX Rell 20	FAMILIA 3 30/175 Per >5m Rug PR <1mm Apr OX Rell 20
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	18.25	20.5	16.5
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	60.8		
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>			
<b>VALORACION</b>	20	20	10
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>			
<b>VALORACION</b>	TOTALMENTE SECO (10)		
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>			
<b>RQD</b>	60.8		
<b>Jn</b>	9		
<b>Jr</b>	1.5		
<b>Ja</b>	1.5		
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>			
<b>RMR</b>	SIN AJUSTE DE ORIENTACION		
<b>RMR'</b>	60		
<b>Q'</b>	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO		
<b>Q'</b>	5.9		
<b>GSI</b>	CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$		
<b>OBSERVACIONES</b>	60-65		
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA</b>			
MACIZO ROCOSO SECO CON JUNTAS CERRADAS			

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>		
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura		HOJA : 28 FECHA : 11/09/2015
ZONA : Rampa Nv. 4780 CLIENTE : Gilmer Jesus Nina Condo ri LITOLOGIA : Arenisca cuarzo sa		EG - 28
CLASIFICACIÓN RMR (BINIA WSKI, 1976)		
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 78/45 Per >10m Rug PR <1mm Apr Ox Rell Ox	FAMILIA 2 35/220 Per >10m Rug PR <1mm Apr Ox Rell Ox
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	FAMILIA 3 70/85 Per <5m Rug PR Cerrada Apr Ox Rell Ox	FAMILIA 4 100-200 MPa (12) UCS >200MPa (15) VALORACIÓN
ESPACIAMIENTO (cm)	25 30 35 20 25 18 20 15 10 10 8 11	R5 4-8 R6 >8 Mpa R7 50-100MPa (7) R8 50-75% (13) R9 75-90% (17) R10 90-100% (20) R11 >3m(30) R12 0.3-1m (20) R13 50-300mm (10) R14 20 R15 10
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	30.0 53.2 9.8	R1 Se pefiere UCS R2 10-25 (2) 3-10 (1) R3 2-5 (4) R4 2-4 R5 7 R6 4 R7 8 R8 <25% (3) R9 <50 mm (5)
RQD (P. AMLSTROM)	53.2	R10 Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) R11 Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0) R12 Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12) R13 Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0) R14 Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0) R15 Superficies pulidas relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA		
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)		
RQD	53.2	R16 Rellenos de agua R17 LIGERA PRESION DE
Jn	12	R18 TOTALMENTE SECO (10) R19 AGUA SUBTERRANEA
Jr	15	R20 VALORACIÓN
Ja	3	R21 7
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION		
RMR	47	R22 SIN AJUSTE DE ORIENTACION
RMR'	50	R23 CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO
Q'	1.9	R24 CORRELACION EN BASE A RMR'
Q'	2	R25 CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja
GSI	65	R26 OBSERVACIONES
ZONA DE CORTE UBICADO EN LA CAJA PISO		

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECÁNICA</b>							
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Gálmer Jesús Nina Condoñi LITOLOGÍA: Arenisca cuarzos a		HOJA: 29 FECHA: 11/09/2015					
<b>EG - 29</b>							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
RESISTENCIA A Roca Intacta	P E C O T A	R 6	R 5	R 4	R 3	R 2	R 1
1							
VALORACIÓN							
RQD							
VALORACIÓN							
ESPACIAMIENTO							
VALORACIÓN							
ESTADO DE LAS JUNTAS							
VALORACIÓN							
AGUA SUBTERRANEA							
VALORACIÓN							
FLUJOS DE AGUA							
VALORACIÓN							
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)							
RQD	64.5						
Jn	9						
Jr	1.5						
Ja	1						
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION							
RMR	57						
RMR'	60						
Q'	5.9						
Q'	11						
GSI	60-65						
OBSERVACIONES							
MACIZO ROCOSO MASIVO							

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES											
FAMILIA 1	FAMILIA 2			FAMILIA 3			Per	Rug	Apr	Rell	S/R
	Per	Rug	Apr	Per	Rug	Apr					
8.5/20	>10m	20/250	80/10	>10m	20/250	80/10	<5m	PR	Inm	S/R	2.6.3
15.75	>10m	20/250	80/10	>10m	20/250	80/10	PR	Inm	S/R	2.6.3	64.5

FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA	



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECÁNICA</b>		
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura		
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori		
ZONA : Rampa Nv. 4780		
LITOLOGÍA : Areniscas cuarzosas		
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIA WSKI, 1976)</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>		
	FAMILIA 1      FAMILIA 2      FAMILIA 3	
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	82/45      30/220      75/150	R1 Se prefiere UCS 10-25 (2)    3-10 (1)
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	>10m      >10m      <5m	R2 25-50 (4)
Per Rug Apr Rell	Per Rug Apr Rell	R3 1-2 25-50 (4)
30    40    30    35	35    30    30    30	R4 7 50-75% (13)
OX 30    40    30    35	OX 30    30    30    30	R5 4-8 100-200 MPa (12)
33.3	31.3	R6 17 75-90% (17)
ESPACIAMIENTO (cm) PROMEDIO (cm)	16.8	R7 20 50-300mm (10)
<b>RQD (PAMLSTROM)</b>	<b>74.8</b>	R8 20 TOTALMENTE SECO (10)
ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies muy rugosas, sin continuidad, separación, paredes de roca dura (25)		
VALORACIÓN TOTALMENTE SECO (10)		
AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN 10		
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)		
<b>RQD</b>	74.8	R9 10 LIGERA PRESION DE FLUJOS DE AGUA (0)
<b>Jn</b>	9	R10 10 SOLAMENTE SECO (10)
<b>Jr</b>	15	R11 10 SOLAMENTE SECO (10)
<b>Ja</b>	1	R12 10 SOLAMENTE SECO (10)
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>		
<b>RMR</b>	67	R13 10 SIN AJUSTE DE ORIENTACION
<b>RMR'</b>	67	R14 10 CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO
<b>Q'</b>	12.9	R15 10 CORRELACION EN BASE A RMR'
<b>Q'</b>	12	R16 10 CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja
<b>GSI</b>	65-70	R17 10 OBSERVACIONES
OBSERVACIONES		
MACIZO ROCOSO MASIVO		



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAICA</b>							
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura				HOJA : 31 FECHA : 11/08/2015					
CLIENTE : Gilmer Jesus Nina Condori				<b>EG - 31</b>					
ZONA : Rampa Nv. 4780									
LITOLOGIA : Arenisca cuarzos a									
<b>CLASIFICACION RMR (BINIA WSKI, 1976)</b>									
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 80/75		FAMILIA 2 75/60		FAMILIA 3 40/240				
	Per 10 Rug 1mm Apr 1mm Rell 0X	Per 10 Rug 1mm Apr 1mm Rell OX	Per 10 Rug 1mm Apr 1mm Rell OX	Per 10 Rug 1mm Apr 1mm Rell OX	R5 4-8 10.0-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 1-2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)   3-10 (1)	R1 <25% (3)
CONDICION DE DISCONTINUIDADES	25		30.0		RQD 90-100% (20) 75-90% (17)	VALORACION 17	VALORACION 13	VALORACION 10	VALORACION 10
ESPACIAMIENTO (cm) ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	25		30.0		ESPACIAMIENTO >3m (30)	VALORACION 17	VALORACION 13	VALORACION 10	VALORACION 10
RQD (P AMLSTROM)	25		30.0		ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	ESTADO DE LAS JUNTAS Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	ESTADO DE LAS JUNTAS Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
FOTO GRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAICA					VALORACION 20	VALORACION 10	VALORACION 7	VALORACION 7	VALORACION 0
AGUA SUBTERRANEA TOTALMENTE SECO (10)					FLUJOS DE AGUA (0)				
VALORACION TOTALMENTE SECO (10)					VALORACION 7				
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)									
RQD Jn Jr Ja	76.1 9 15 1		VALORACION 76.1						
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION									
RMR RMR' Q' Q' GSI	64 67 12.9 13 65-70		SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$						
OBSERVACIONES									
SOSTENIMIENTO : MALLA CON PERNOS									

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b>								
<b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b>								
<b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>								
<b>CLIENTE:</b> Evaluación geomecánica y estabilidad de labores, en el proyecto San Gabriel C.A de minas Buenaventura <b>ZONA:</b> Rampa Nv.4780 <b>LITOLOGIA:</b> Arenisca cuarzo sa		<b>HOJA:</b> 32 <b>FECHA:</b> 11/09/2015						
<b>EG - 32</b>								
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
1	RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PICOTA Is(50) UCS	R6	R5	R4	R3	R2	R1
	VALORACION		>20MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
2	RQD		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
	VALORACION		17					
3	ESPACIAMIENTO PROMEDIO		>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
	VALORACION					10		
4	ESTADO DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
	VALORACION		20	12	4			
5	AGUA SUBTERRANEA		TOTALMENTE SECO (10)	SOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)		FLUJOS DE AGUA (0)	
VALORACION				4				
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX. BARTON 1974)</b>								
RQD	62.1							
Jn	9							
Jr	15							
Ja	1							
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>								
RMR	54	SIN AJUSTE DE ORIENTACION						
RMR	60	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO						
'Q'	5.9	CORRELACION EN BASE A RMR						
Q'	10	CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$						
GSI	55-60							
OBSERVACIONES				AGUA POR GOTEO				
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>								

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>						
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel/CIA de minas Buenaventura								
CLIENTE: Gilmer Jesus Nina Condori								
ZONA: Rampa Nv. 4780								
LITOLOGÍA: Areniscas cuarzosas								
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>								
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 55/305		FAMILIA 2 64/96		FAMILIA 3 69/245			
	Per Rug Apr Rell	5 PR 1mm OX	5 PR 1mm OX, OZ	5 PR 1mm OX, OZ	5 PR 1mm OX	5 PR 1mm OX		
ESPACIAMIENTO (cm)								
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)								
<b>81.6</b>								
RQD (PAMLSTROM)								
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA</b>								
HOJA: 33					FECHA: 04/10/2015			
<b>EG - 33</b>								
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
1	RESISTENCIA A Roca Intacta	PROTA k(50) UCS	R6 >8 Mpa >200MPa (15)	R5 4-8 100-200 MPa (12)	R4 2-4 50-100MPa (7)	R3 E2 25-50 (4)	R2 Se refiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)
2	VALORACION RQD		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
3	VALORACION ESPACIAMIENTO		>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
4	VALORACION ESTADO DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
5	VALORACION AGUA SUBTERRANEA		TOTALMENTE SECO (10)	POLO HUMEDO (7)	7	LEGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>								
RQD	81.6							
Jn	6							
Jr	15							
Ja	15							
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>								
RMR	69							
RMR	72							
'Q'	21.2							
Q'	14							
GSI	65							
<b>OBSERVACIONES</b>								
SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$								

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>								
TESIS : Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buena Ventura		HOJA : 34 FECHA : 04/10/2015						
CLIENTE : Gilmer Jesus Nina Condoni ZONA : Rampa Nv.4780 LITOLOGÍA : Intercalaciones de caliza con areniscas		EG - 34						
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
	RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PCOTA k(60)	R6 >8 Mpa	R5 4-8	R4 2-4	R3 I-2	R2 Se refiere UCS	R1
1	VALORACIÓN	UCS	>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)
2	RQD VALORACIÓN		90-100%(20)	75-90%(17)	50-75%(13)	25-50%(8)	<25%(3)	
3	ESPACIAMIENTO VALORACIÓN		>3m(30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
4	STADO DE LAS JUNTAS VALORACIÓN		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca dura (20)	Superficies pulidas relleno<5mm, fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Superficies pulidas relleno<5mm, fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Rele no blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
5	AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN		TOTALMENTE SECO (10)	TOTALMENTE SECO (10)	MOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX. BARTON 1974)</b>								
RQD	77.5							
Jn	9							
Jr	15							
Ja	1							
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>								
RMR	64	SIN AJUSTE DE ORIENTACION						
RMR'	64	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO						
Q'	9.2	CORRELACION EN BASE A RMR'						
Q'	13	CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$						
GSI								
OBSERVACIONES								
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA								

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECÁNICA</b>								
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura CLIENTE: Glómer Jesus Nina Condori ZONA: Rampa Nv. 4780 LITOLOGÍA: Arenisca cuarzosa		HOJA: 35 FECHA: 04/10/2015						
<b>EG - 35</b>								
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
1	RESISTENCIA A ROCA INTACTA	PICO TA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
		Ic(50) UCS	>8 Mpa >200 MPa (15)	4-8 100-200 MPa (12)	2-4 50-100 MPa (7)	I-2 2.5-5.0 (4)	Se prefiere UCS 10-2.5 (2) 3-10 (1)	
2	CONDICION DE DISCONTINUIDADES	RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
3	ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)	VALORACION	20		0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
4	RQD (PAMLSTROM)	ESTADO DE LAS JUNTAS	Superficies muy rugosas, sin continuidad, separación, paredes de roca dura (2.5)	Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno<5mm, fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm Fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
5	FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEO MECANICA	VALORACION	TOTALMENTE SECO (10)	TOTALMENTE SECO (10)	MOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>								
RQD	93.1							
Jn	6							
Jr	L5							
Ja	L5							
RMR	75		SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
RMR'	75		CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
Q'	29.6		CORRELACION EN BASE A RMR'					
Q'	16		CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
GSI	65							
OBSERVACIONES								



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECANICA</b>					
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel de minas Buenaventura		HOJA: 36	FECHA: 04/10/2015				
ZONA: Rampa Nv. 4780		<b>EG - 36</b>					
LITOLOGÍA: Arenisca cuarzosas							
<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>							
<b>RESISTENCIA ROCA INTACTA</b>	PCOTA E(50)	R6 >8 MPa	R5 4-8	R4 2-4	R3 1-2	R2 Se pefiere UCS 10-25 (2) 3-10 (1)	R1
	UCS	>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2) 3-10 (1)	3-10 (1)
<b>VALORACIÓN</b>				12	7		
<b>RQD</b>				90-100% (20)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)
<b>VALORACIÓN</b>				17			
<b>ESPACIAMIENTO</b>				>3m (30)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)
<b>VALORACIÓN</b>						10	
<b>ESTADO DE LAS JUNTAS</b>				Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación<1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas relleno<5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
<b>VALORACIÓN</b>				20			
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>				TOTALMENTE SECO (10)	SOLO HUMEDO (7)	LIGERA PRESION DE AGUA (4)	FLUJOS DE AGUA (0)
<b>VALORACIÓN</b>				10			
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>							
<b>RQD</b>	75.4						
<b>Jn</b>	9						
<b>Jr</b>	15						
<b>Ja</b>	1						
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>							
<b>RMR</b>	67	SIN AJUSTE DE ORIENTACION					
<b>RMR'</b>	67	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
<b>Q'</b>	12.2	CORRELACION EN BASE A RMR'					
<b>Q'</b>	13	CALCULADO POR: RQD/Jn*Jr/Ja					
<b>GSI</b>	60						
<b>OBSERVACIONES</b>							
MACIZO ROCOSO SECO							
<b>CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>							
<b>BUZ./ D. BUZ</b>	FAMILIA 1 85/40		FAMILIA 2 70/310		FAMILIA 3 30/230		
	Per Rug Apr Rell	20 30 20 25	25 30 40 25	25 30 40 25	28 10 27	25	22.5
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>							
<b>ESPACIAMIENTO (cm)</b>							
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>							
<b>RQD (PAMLSTROM)</b>				75.4			
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>							

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>			
TESIS: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA: 37 FECHA: 15/10/2015	
ZONA: Rampa Nv. 4780		EG - 37	
LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo&a			
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES			
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 85/215	FAMILIA 2 90/150	FAMILIA 3
	Per 20 Rug PR Apr lmm Rell OX	Per 5 Rug PR Apr lmm Rell OX	Per Rug Apr Rell
ESPACIAMIENTO (cm) 40 20 35 20 30 30 70 40	28.75	42.5	
RQD (PAMLS/TROM)	95.8		
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECAÁNICA</b>			
CLASIFICACIÓN RMR (BIRNIAWSKI, 1976)			
1	RESISTENCIA A ROCA INTACTA VALORACIÓN	PICOTA R(50) UCS VALORACIÓN	R4 2-4 50-100MPa (7) 7
2	RQD VALORACIÓN	>8 Mpa >200MPa (15) 90-100%(20) 20	R3 l-2 2.5-5.0 (4) 2.5-50%(8) 17
3	ESPACIAMIENTO VALORACIÓN	>3m(30) Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca dura (20)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2) 3-10 (1) 50-300mm (10) 20
4	ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACIÓN	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25) Superficies algo rugosas, separación<1m, paredes de roca dura (20)	R1 Se prefiere UCS 10-25 (2) 3-10 (1) Rell no blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)
5	AGUA SUBTERRANEA VALORACIÓN	TOTALMENTE SECO (10)	FLUJOS DE AGUA (0) LIGERA PRESION DE AGUA (4)
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)			
RQD	95.8	10	
Jn	6		
Jr	15		
Ja	15		
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION			
RMR	71	SIN AJUSTE DE ORIENTACION	
RMR	71	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO	
'Q'	19	CORRELACION EN BASE A RMR	
Q'	16	CALCULADO POR: RQD/Jn * Jr/Ja	
GSI	70		
OBSERVACIONES			
MACIZO ROCOSO SECO			



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECAÁNICA</b>													
ZONA: Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA:	38												
CLIENTE: Güímer Jesús Nina Condori		FECHA:	15/10/2015												
LITOLOGÍA: Arenisca cuarzo sa		<b>EG - 38</b>													
<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</b>		<b>CLASIFICACIÓN RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>													
B UZ./ D. B UZ	FAMILIA 1 80/60		FAMILIA 2 85/55		FAMILIA 3 45/240										
	Per Rug Apr Rell	PR lmm	Per Rug Apr Rell	PR lmm	Per Rug Apr Rell	PR lmm									
ESPACIAMIENTO (cm) 30	32	30	30	15	20	25									
ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm) 30.5	30.5		2.18		27.5										
RQD (PAMLSTROM)	<b>89.0</b>														
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECANICA</b>		<b>VALORACION</b>				<b>VALORACION</b>									
		RESISTENCIA A Roca INTACTA		R6 >8 Mpa >200MPa (15)		R5 4-8 100-200 MPa (12)		R4 2-4 50-100MPa (7)		R3 I-2 2.5-5.0 (4)		R2 Se prefiere UCS 10-2.5 (2)		R1 3-10 (1)	
		VALORACION		RQD 90-100% (20)		75-90% (17)		50-75% (13)		2.5-5.0% (8)		<2.5% (3)			
		VALORACION		ESPACIAMIENTO >3m (30)		1-3m (25)		0.3-1m (20)		50-300mm (10)		10		<50mm (5)	
		ESTADO DE LAS JUNTAS VALORACION		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)		Superficies muy rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura (20)		Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)		Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)		Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
		AGUA SUBTERRANEA VALORACION		TOTALMENTE SECO (10)		20		TOTALMENTE SECO (10)		7		LIGERA PRESION DE AGUA (4)		FUJOS DE AGUA (0)	
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)</b>		<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>													
RQD	89														
Jn	4														
Jr	15														
Ja	1														
RMR	66	SIN AJUSTE DE ORIENTACION													
RMR'	69	CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO													
Q'	16.1	CORRELACION EN BASE A RMR'													
Q'	33	CALCULADO POR: $RQD/Jn*Jr/Ja$													
GSI	60-65														
OBSERVACIONES															

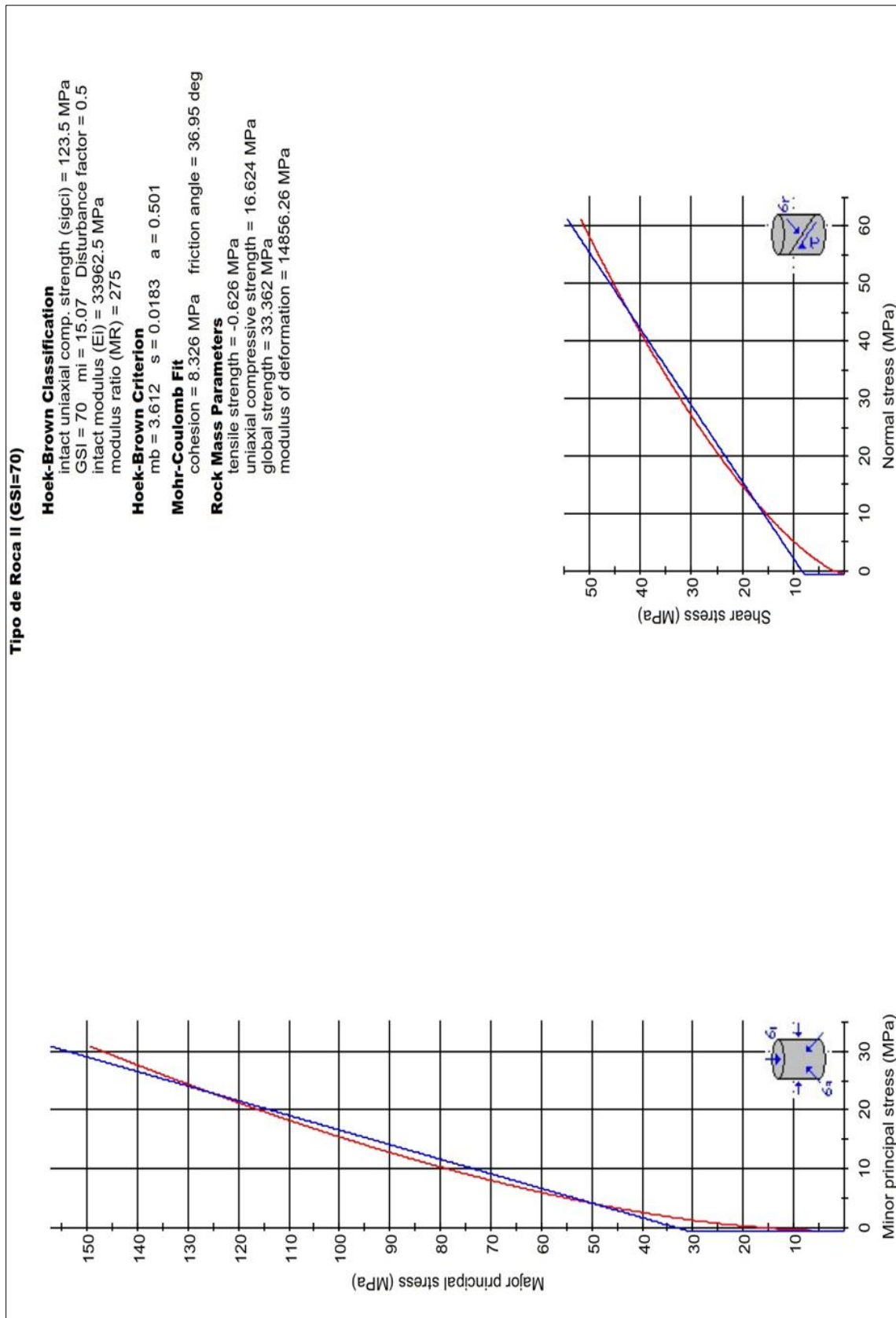
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>																																																																																																																																																														
ZONA: Rampa Nv. 4780 CLIENTE: Evaluacion geomecanica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura LITOLOGIA: Arenisca cuarzo sa		HOJA: 39 FECHA: 15/10/2015																																																																																																																																																												
EG - 39																																																																																																																																																														
CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)																																																																																																																																																														
B UZ / D . B UZ  CON D I C I O N D E D I S C O N T I N U I D A D E S  E S P A C I A M I E N T O ( c m ) E S P A C I A M I E N T O P R O M E D I O ( c m )  R O D ( P A M L S T R O M )	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">FAMILIA 1</th> <th colspan="2">FAMILIA 2</th> <th colspan="2">FAMILIA 3</th> </tr> <tr> <td>80/230</td> <td>73/22</td> <td>27/224</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Per</td> <td>Per</td> <td>Per</td> <td>Per</td> <td>Per</td> <td>Per</td> </tr> <tr> <td>Rug</td> <td>Rug</td> <td>Rug</td> <td>Rug</td> <td>Rug</td> <td>Rug</td> </tr> <tr> <td>Apr</td> <td>Apr</td> <td>Apr</td> <td>Apr</td> <td>Apr</td> <td>Apr</td> </tr> <tr> <td>Rel</td> <td>Rel</td> <td>Rel</td> <td>Rel</td> <td>Rel</td> <td>Rel</td> </tr> <tr> <td>OX, OZ</td> <td>OX</td> <td>OX</td> <td>OX</td> <td>OX</td> <td>OX</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>40</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>60</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">32.5</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">51.3</td> </tr> </table>	FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		80/230	73/22	27/224				Per	Per	Per	Per	Per	Per	Rug	Rug	Rug	Rug	Rug	Rug	Apr	Apr	Apr	Apr	Apr	Apr	Rel	Rel	Rel	Rel	Rel	Rel	OX, OZ	OX	OX	OX	OX	OX	17	40	10	30	60	30	20	10	30	10	60	30	32.5						51.3						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>R6</th> <th>R5</th> <th>R4</th> <th>R3</th> <th>R2</th> <th>R1</th> </tr> <tr> <td>&gt;8 Mpa</td> <td>4-8</td> <td>2-4</td> <td>F2</td> <td>Se prefiere UCS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt;200MPa (15)</td> <td>100-200 MPa (12)</td> <td>50-100MPa (7)</td> <td>25-50 (4)</td> <td>10-25 (2)</td> <td>3-10 (1)</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">VALORACION</td> </tr> <tr> <td>90-100% (20)</td> <td>75-90% (17)</td> <td>50-75% (13)</td> <td>25-50% (8)</td> <td colspan="2">&lt;25% (3)</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">VALORACION</td> </tr> <tr> <td>&gt;3m (30)</td> <td>1-3m (25)</td> <td>0.3-1m (20)</td> <td>50-300mm (10)</td> <td colspan="2">&lt;50mm (5)</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">VALORACION</td> </tr> <tr> <td>Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)</td> <td>Superficies algo rugosas, separación &lt;1m, paredes de roca dura (20)</td> <td>Superficies algo rugosas, separación &lt;1mm, paredes de roca suave (12)</td> <td>Superficies pulidas, relleno &lt;5mm, O fisuras abiertas y continuas &lt;5mm (6)</td> <td colspan="2">Relleno blando &lt;5mm O fisuras abiertas y continuas &lt;5mm (0)</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">ESTADO DE LAS JUNTAS</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">VALORACION</td> </tr> <tr> <td>TOTALMENTE SECO (10)</td> <td colspan="5">10</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">AGUA SUBTERRANEA</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">VALORACION</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">10</td> </tr> </table>	R6	R5	R4	R3	R2	R1	>8 Mpa	4-8	2-4	F2	Se prefiere UCS		>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)	VALORACION						90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)		VALORACION						>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)		VALORACION						Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)		ESTADO DE LAS JUNTAS						VALORACION						TOTALMENTE SECO (10)	10					AGUA SUBTERRANEA						VALORACION						10					
FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3																																																																																																																																																										
80/230	73/22	27/224																																																																																																																																																												
Per	Per	Per	Per	Per	Per																																																																																																																																																									
Rug	Rug	Rug	Rug	Rug	Rug																																																																																																																																																									
Apr	Apr	Apr	Apr	Apr	Apr																																																																																																																																																									
Rel	Rel	Rel	Rel	Rel	Rel																																																																																																																																																									
OX, OZ	OX	OX	OX	OX	OX																																																																																																																																																									
17	40	10	30	60	30																																																																																																																																																									
20	10	30	10	60	30																																																																																																																																																									
32.5																																																																																																																																																														
51.3																																																																																																																																																														
R6	R5	R4	R3	R2	R1																																																																																																																																																									
>8 Mpa	4-8	2-4	F2	Se prefiere UCS																																																																																																																																																										
>200MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	10-25 (2)	3-10 (1)																																																																																																																																																									
VALORACION																																																																																																																																																														
90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)																																																																																																																																																										
VALORACION																																																																																																																																																														
>3m (30)	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)																																																																																																																																																										
VALORACION																																																																																																																																																														
Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1m, paredes de roca dura (20)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (12)	Superficies pulidas, relleno <5mm, O fisuras abiertas y continuas <5mm (6)	Relleno blando <5mm O fisuras abiertas y continuas <5mm (0)																																																																																																																																																										
ESTADO DE LAS JUNTAS																																																																																																																																																														
VALORACION																																																																																																																																																														
TOTALMENTE SECO (10)	10																																																																																																																																																													
AGUA SUBTERRANEA																																																																																																																																																														
VALORACION																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																														
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)																																																																																																																																																														
RQD Jn Jr Ja	85.5 9 15 15																																																																																																																																																													
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION																																																																																																																																																														
RMR RMR' Q' Q' GSI	74 74 28 10 70	SIN AJUSTE DE ORIENTACION CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO CORRELACION EN BASE A RMR' CALCULADO POR: $RQD/Jn * Jr/Ja$																																																																																																																																																												
OBSERVACIONES																																																																																																																																																														
MACIZO ROCOSO SECO																																																																																																																																																														
FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA																																																																																																																																																														

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS</b> <b>CLASIFICACION GEOMECA NICA</b>								
TESIS: Evaluacion geomecanica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura		HOJA : 40 FECHA: 15/10/2015						
ZONA : Rampa Nv. 4780 LITOLOGIA : Arenisca cuarzosa		EG - 40						
<b>CLASIFICACION RMR (BINIAWSKI, 1976)</b>								
<b>BUZ./ D. B UZ</b>	FAMILIA 1 75/60	FAMILIA 2 85/340	FAMILIA 3 45/290	R5 4-8 100-200 MP a (12)	R4 2-4 50-100MP a (7)	R3 I-2 25-50 (4)	R2 Se prefiere UCS 10-25 (2)	R1 3-10 (1)
<b>CONDICION DE DISCONTINUIDADES</b>	Per 10 Rug LOR Apr Imm	Per 10 Rug LOR Apr Imm	Per 10 Rug LOR Apr Imm	VALORACION 12	7	25-50% (8)	<25% (3)	
<b>ESPACIAMIENTO PROMEDIO (cm)</b>	Reil LM 20 20 20 15 20 20 25 20 30 40 30 30	Reil ARC 20 20 20 20 25 20 30 40 30 30	Reil OX 18.75 2.13 32.5	1-3m (25)	0.3-1m (20)	50-300mm (10)	<50mm (5)	
<b>RQD (PAMLSTROM)</b>	71.7			Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura (25)	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave (20)	Superficies algo pulidas, relleno <5mm, fisuras abiertas y continuas de 1-5mm (6)	Superficies pulidas, relleno <5mm, fisuras abiertas y continuas <5mm (0)	
<b>FOTOGRAFIA DE LA ESTACION GEOMECA NICA</b>								
<b>CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX. BARTON 1974)</b>			TOTALMENTE SECO (10) OLO HUMEDO (7)					
<b>RQD</b>	71.7		LIGERA PRESION DE					
<b>Jn</b>	9		7					
<b>Jr</b>	1.5		FLUJOS DE AGUA (0)					
<b>Ja</b>	0.75		FLUJOS DE AGUA (0)					
<b>RESULTADOS DE LA CLASIFICACION</b>			SIN AJUSTE DE OR ENTACION					
<b>RMR</b>	65		CONSIDERANDO AGUA TOTALMENTE SECO					
<b>RMR'</b>	68		CORRELACION EN BASE A RMR'					
<b>Q'</b>	13.6		CALCULADO POR: RQD.Jn.Jr.Ja					
<b>GSI</b>	65 - 70		OBSERVACIONES					
MACZO ROCOSO MASIVO								

**Anexo 04. – Propiedades de Macizo Rocosó  
(RocData v.3.0)**

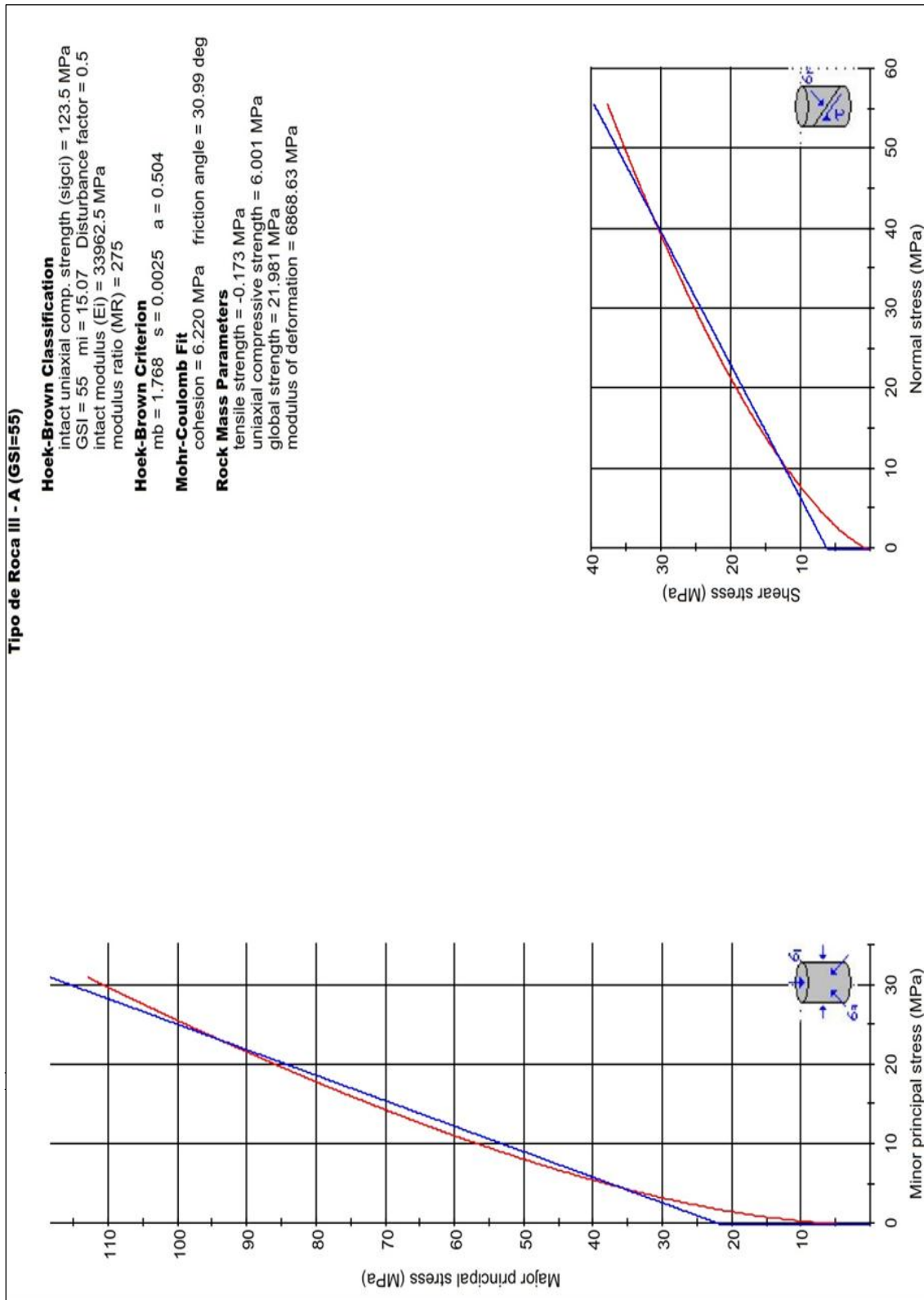
---

**Fig 01. Propiedades de macizo rocoso para un tipo de roca II (RMR=70).**



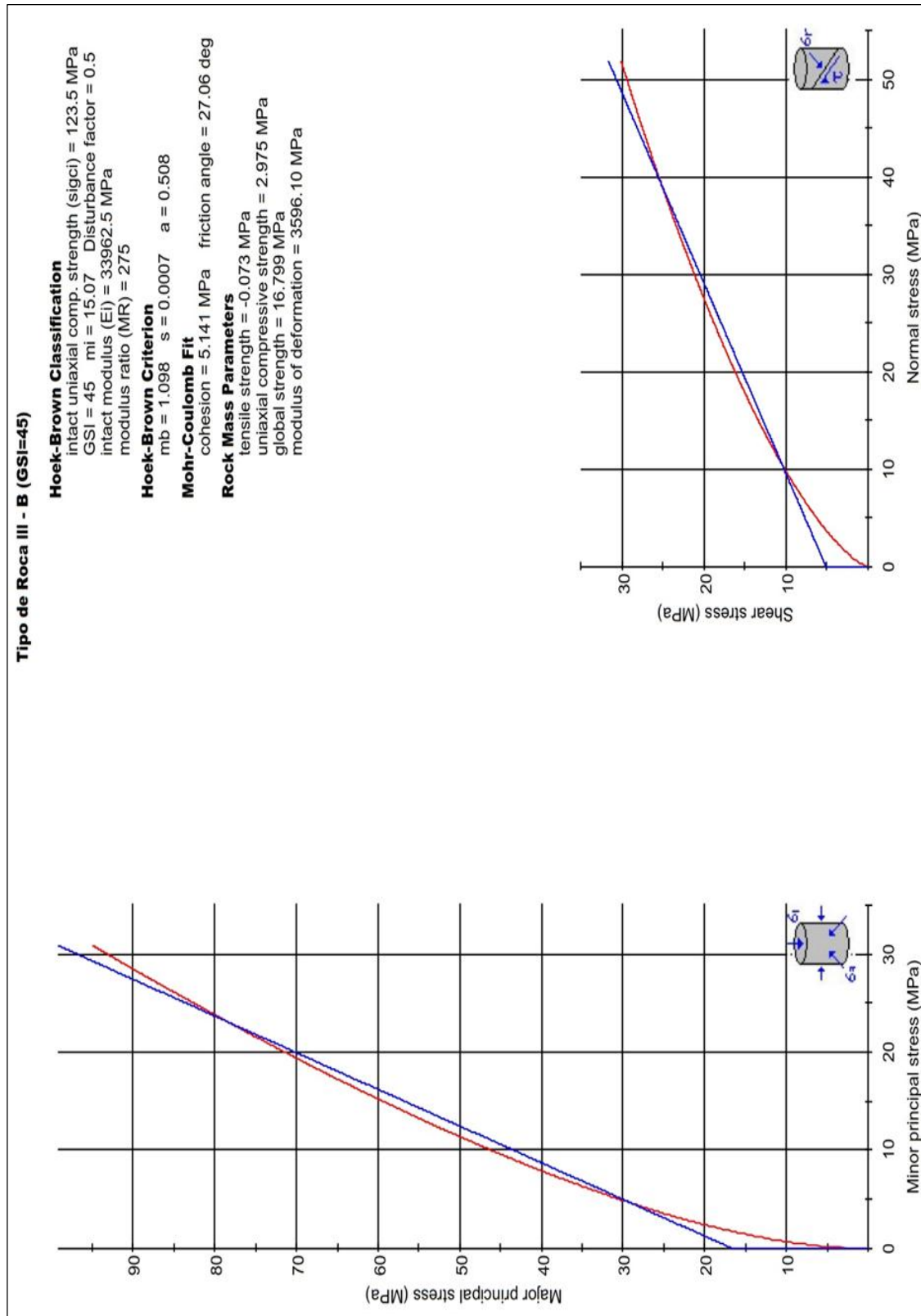
**Fuente: Elaboración propia.**

Fig 02. Propiedades de macizo rocoso para un tipo de roca III - A (RMR=55).



Fuente: Elaboración propia.

Fig 03. Propiedades de macizo rocoso para un tipo de roca III - B (RMR=45).



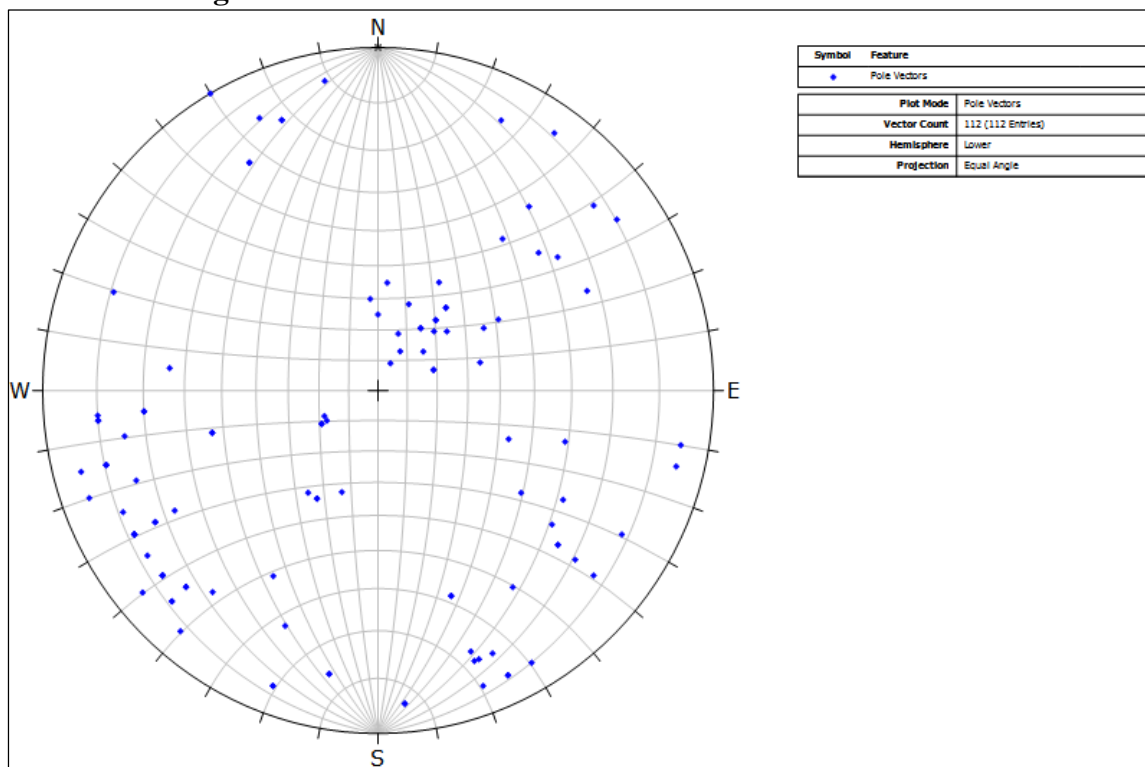
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 05. – Análisis Estructural de las  
Discontinuidades**

---

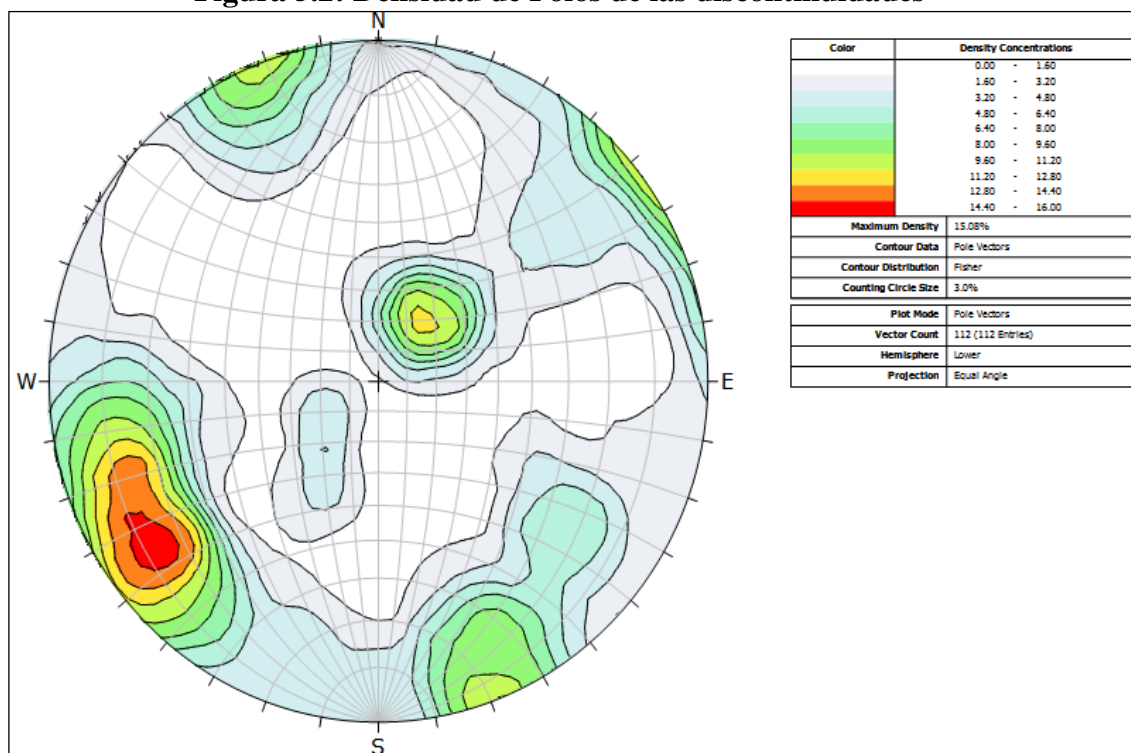


**Figura 5.1: Concentración de Polos de las discontinuidades**



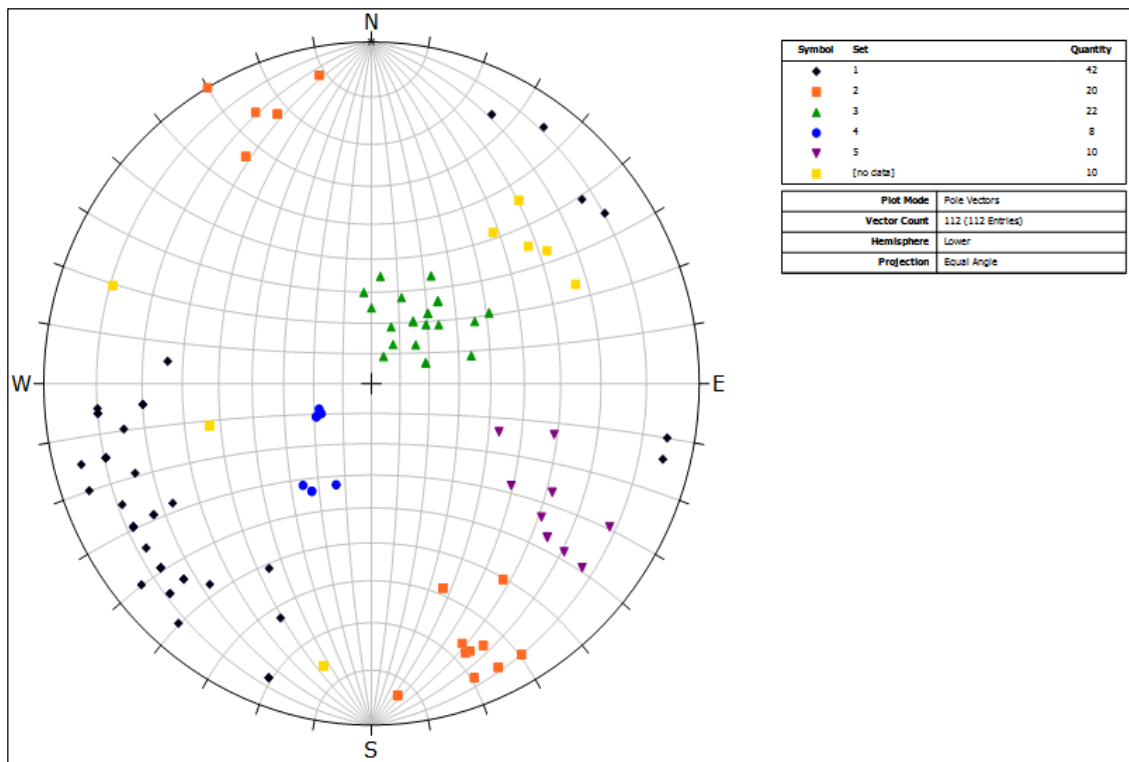
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.2: Densidad de Polos de las discontinuidades**



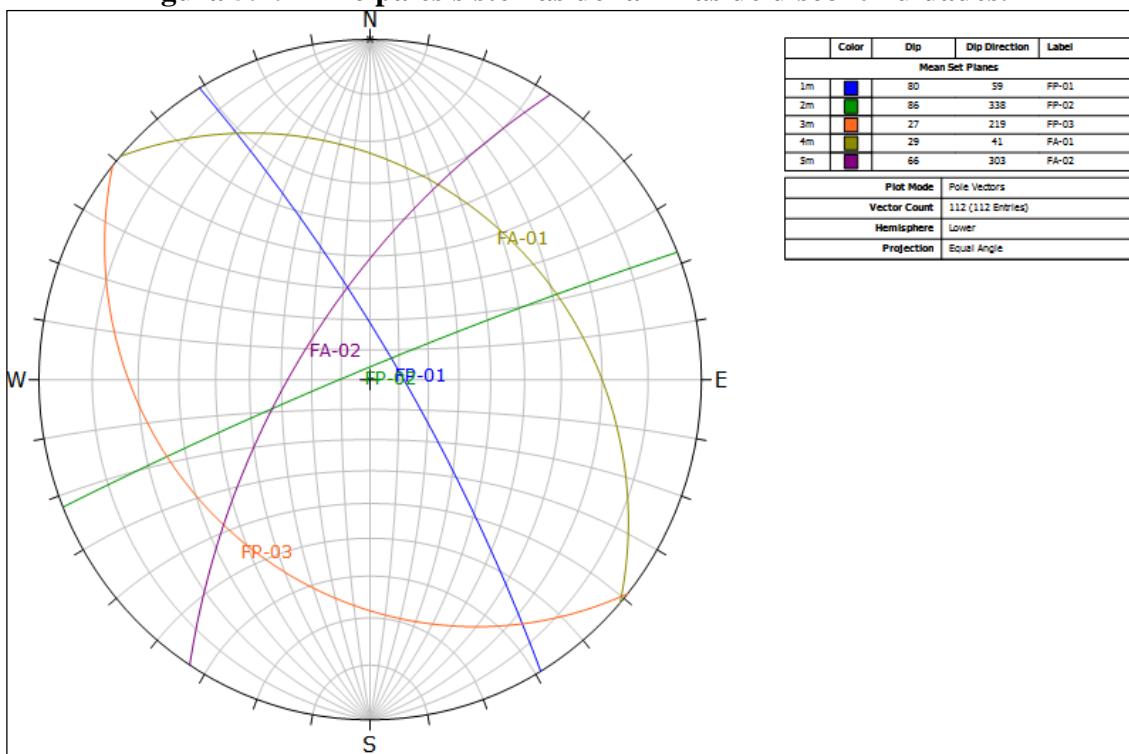
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.3: Concentración de Polos de las discontinuidades, clasificado por familias.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.4: Principales sistemas de familias de discontinuidades.**



Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 06. – Evaluación de Estabilidad de  
Aberturas Típicas**

---

**Anexo 06 – A**

**Evaluación de Estabilidad de Aberturas Típicas**

**Cortada (Sección 3.5 x 3.5 m)**

---

Figura 6.1: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.

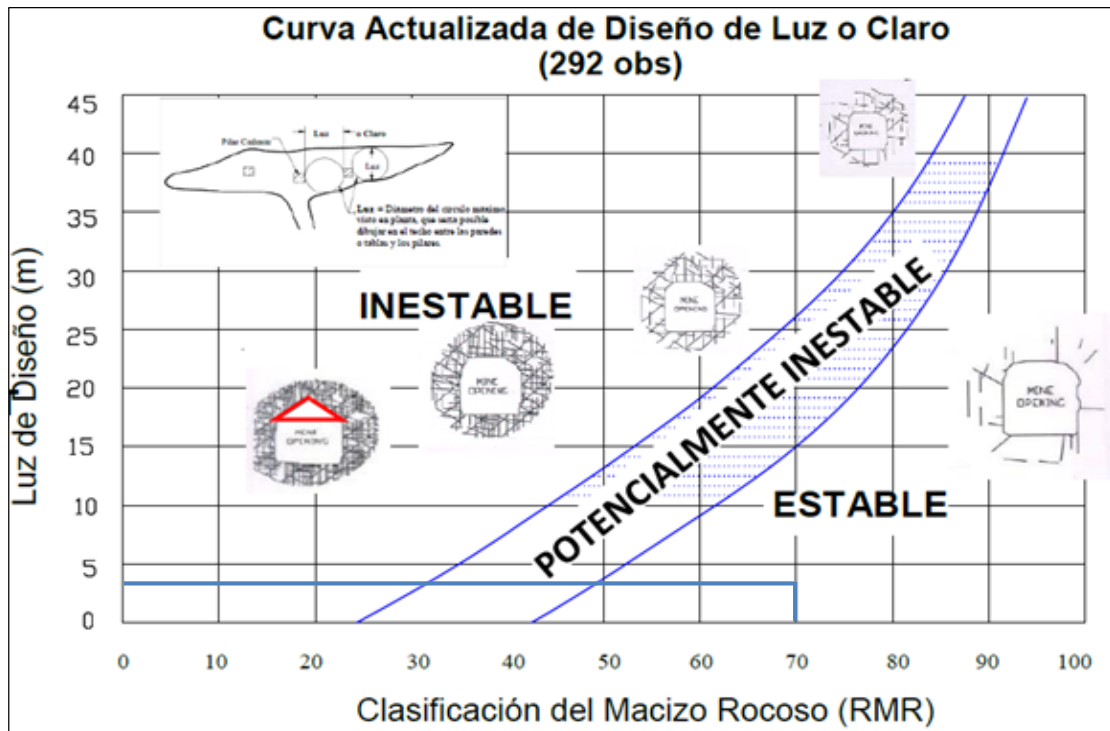


Figura 6.2: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.

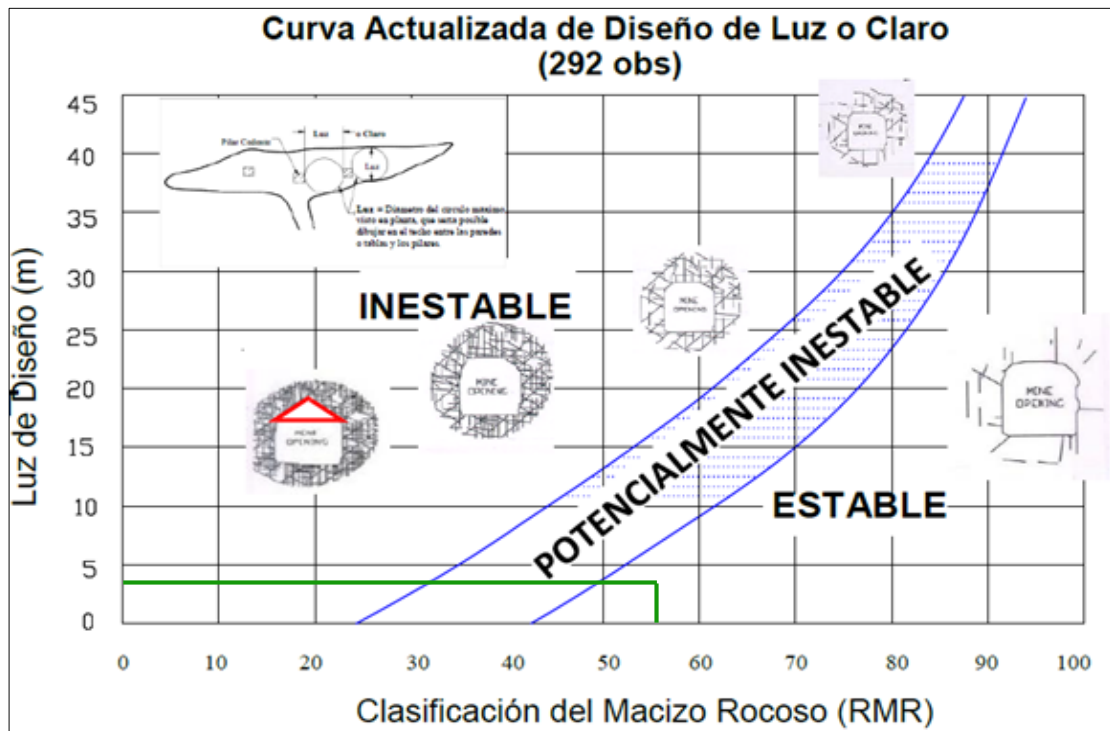
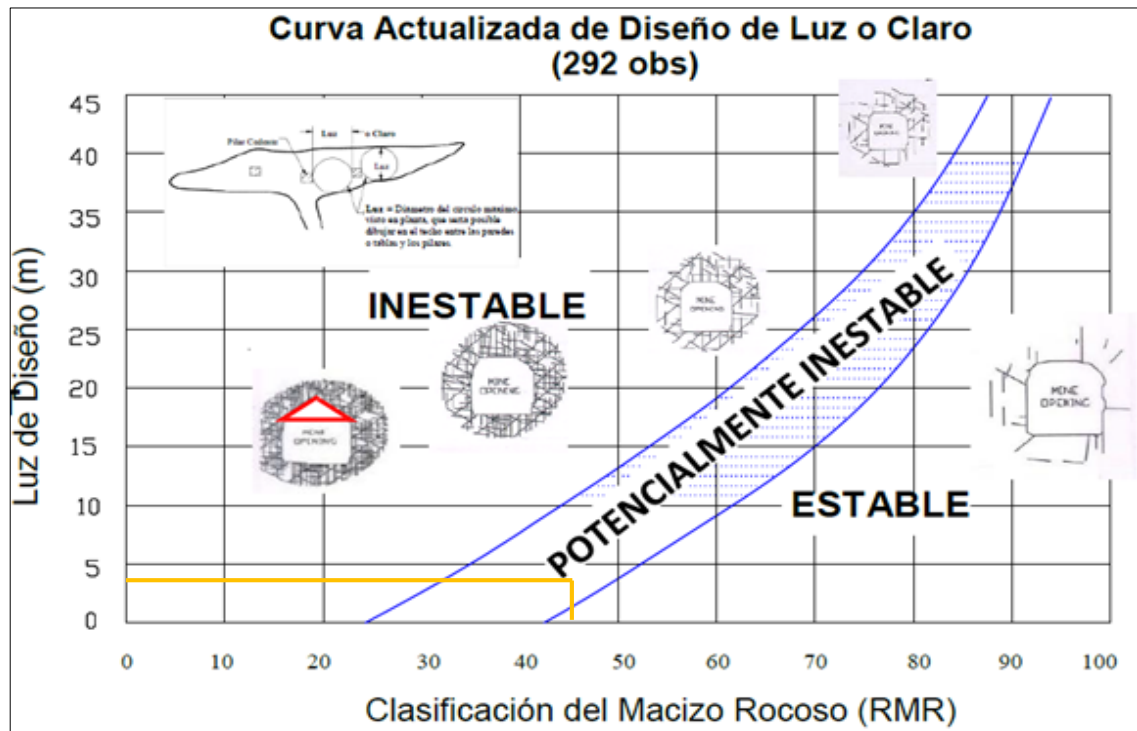


Figura 6.3: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.



**Anexo 06 – B**

**Evaluación de Estabilidad de Aberturas Típicas**

**Rampa (Sección 4.5 x 4.5 m)**

---

Figura 6.4: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.

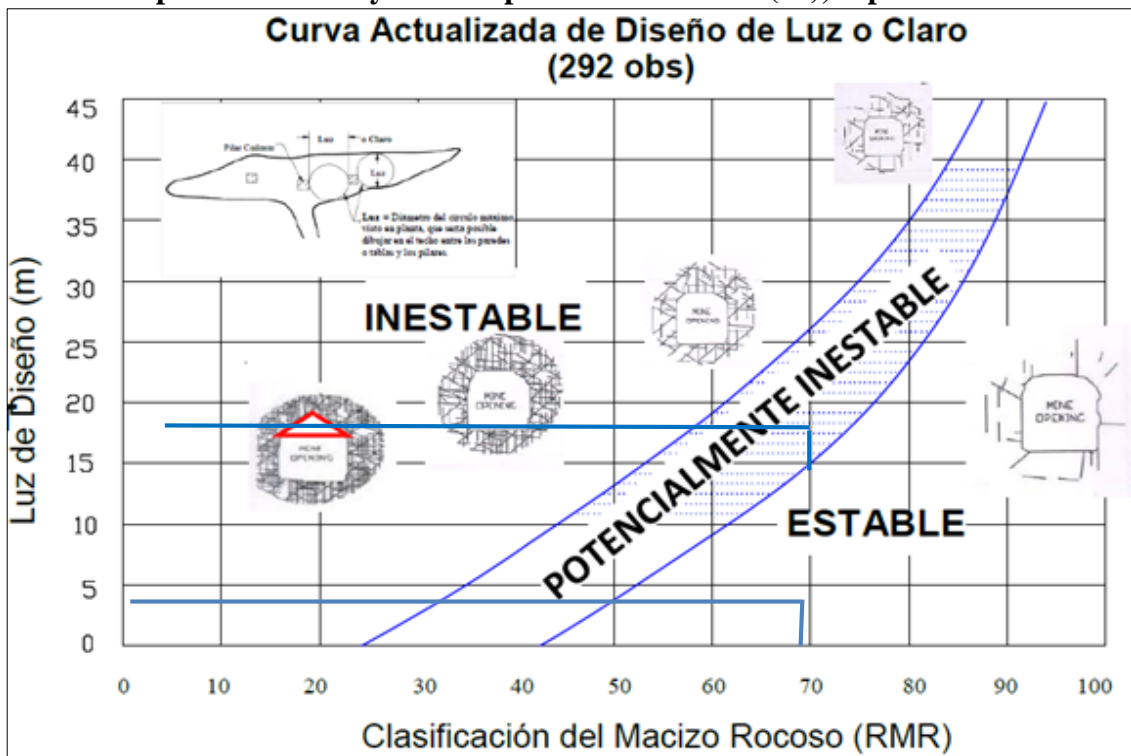


Figura 6.5: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.

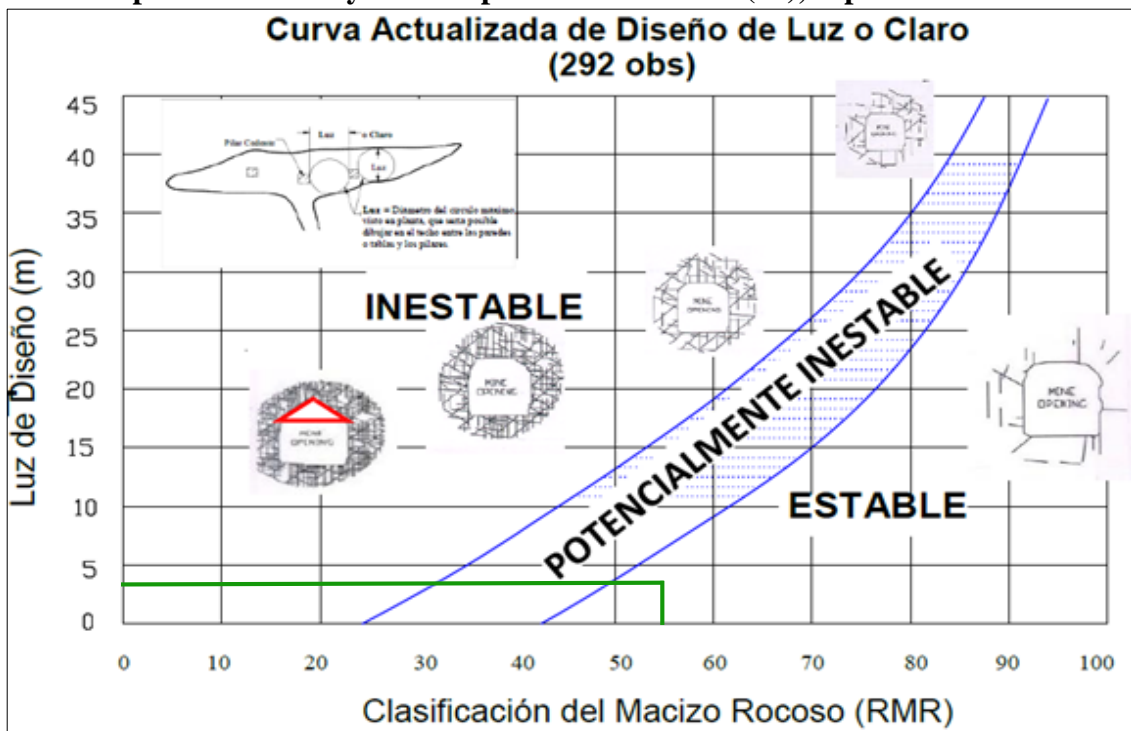
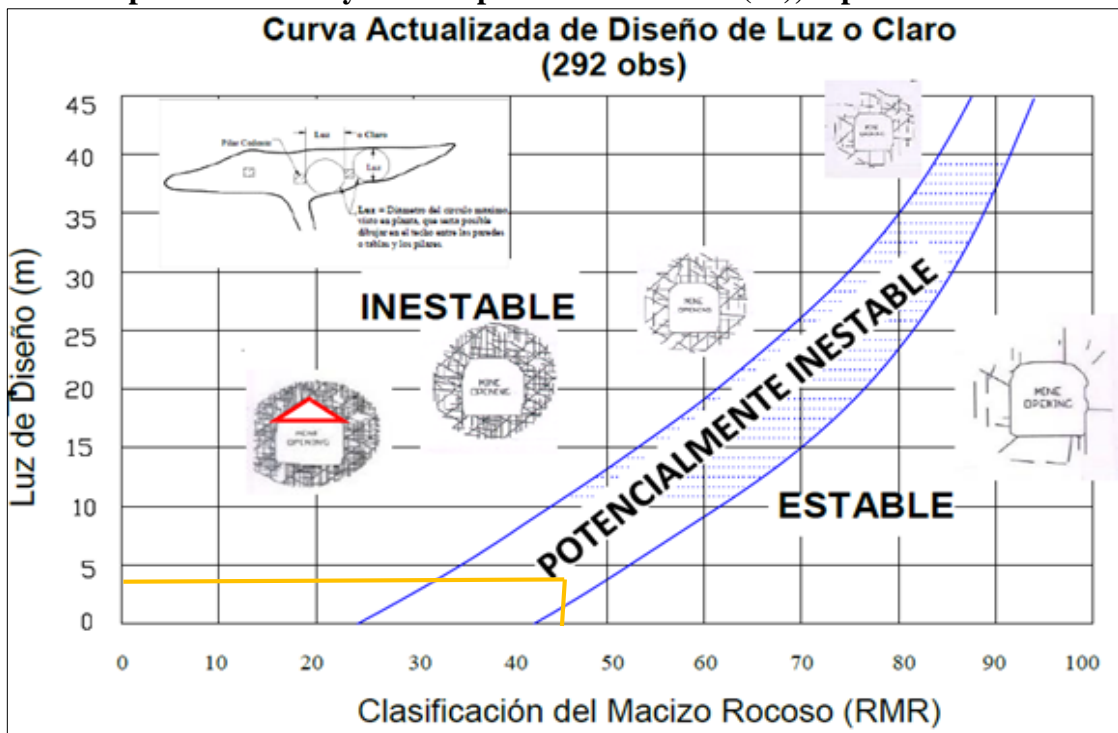




Figura 6.6: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.



**Anexo 06 – C**

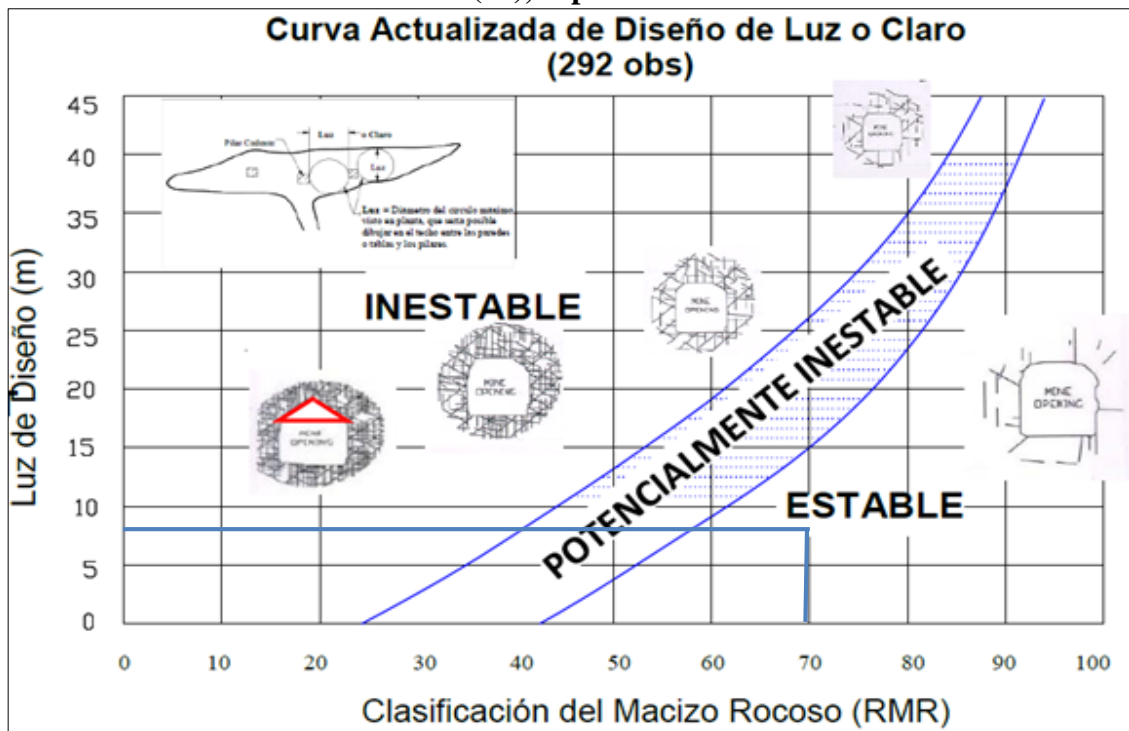
**Evaluación de Estabilidad de Aberturas Típicas**

**Cámara de Perforación Diamantina**

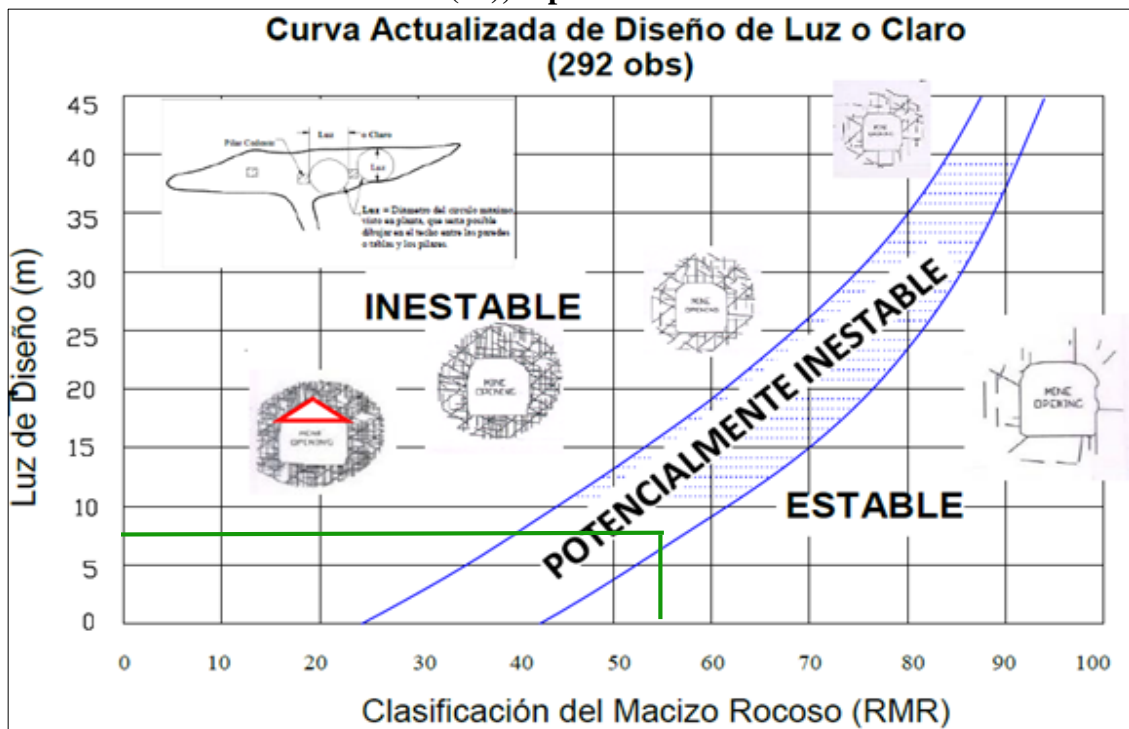
**(Sección 7.0 x 7.0 m)**

---

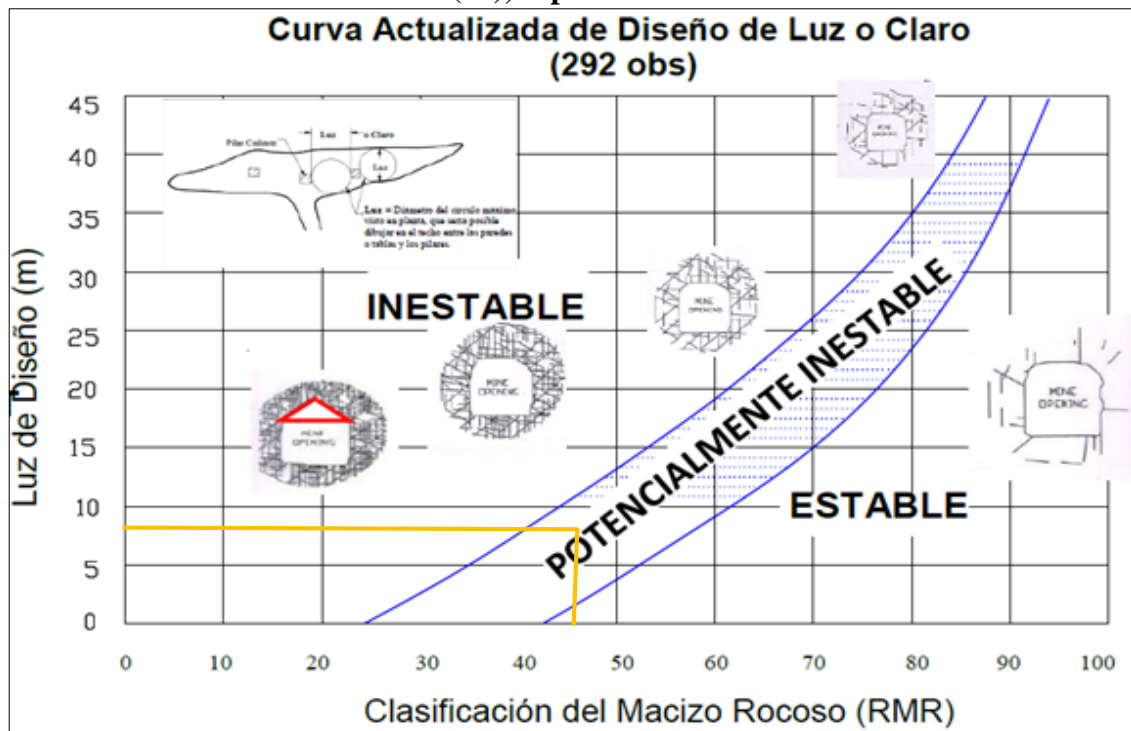
**Figura 6.7: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 6.8: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 6.9: Gráfico de estabilidad considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**

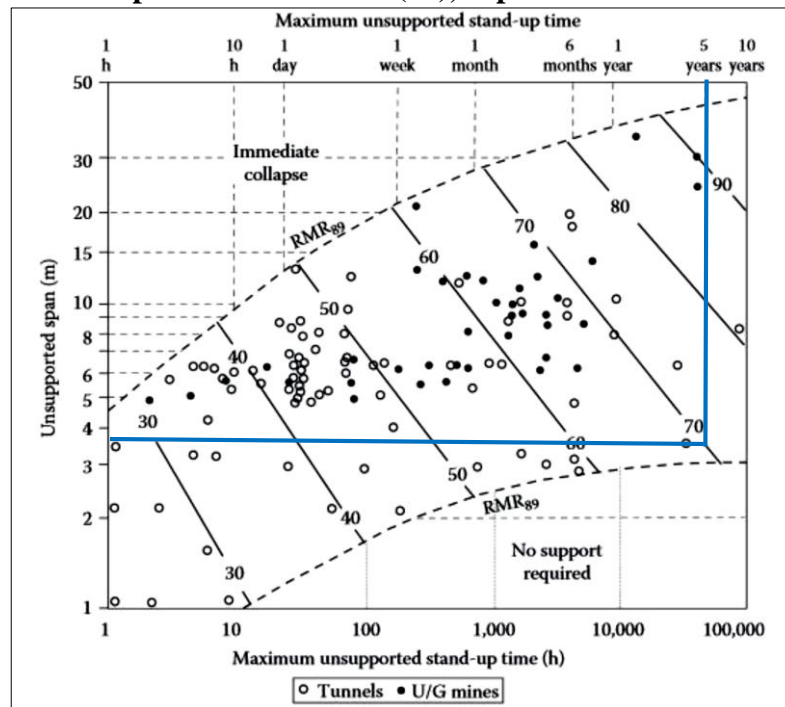


**Anexo 07. – Tiempo de Autosostenimiento**

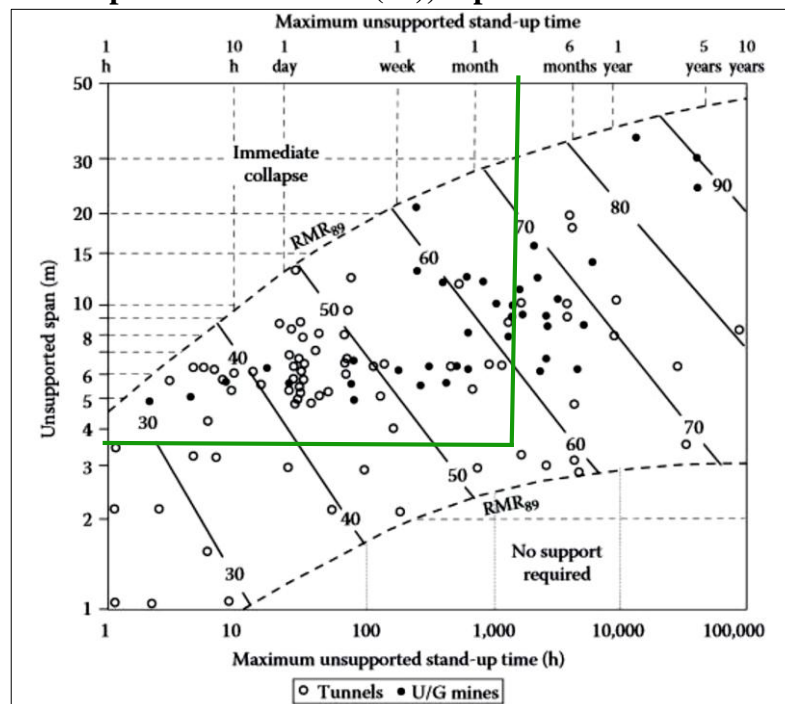
---

**Anexo 07 – A**  
**Tiempo de Autosostenimiento**  
**Cortada de Exploración (Sección 3.5 x 3.5 m)**

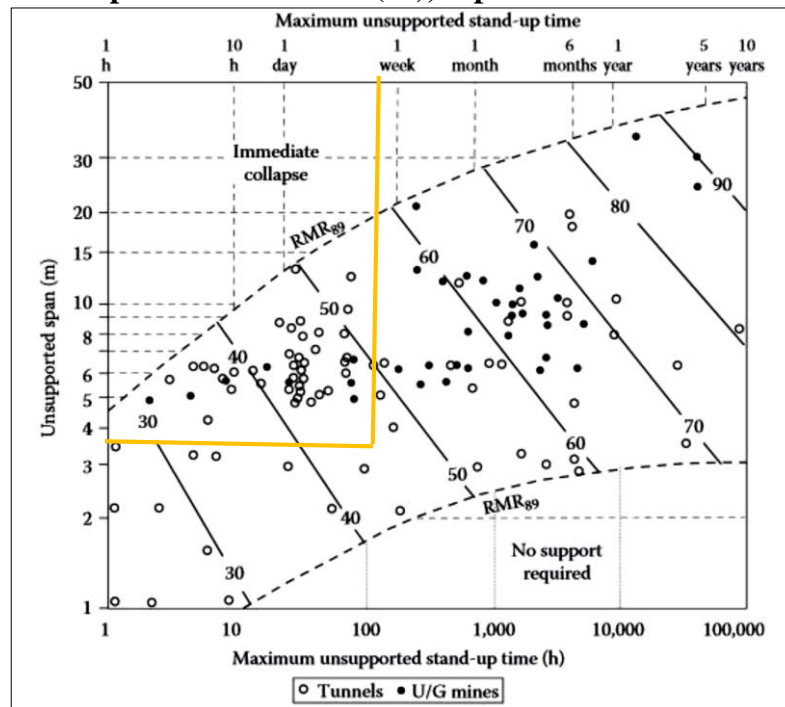
**Figura 7.1: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 7.2: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 7.3: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**

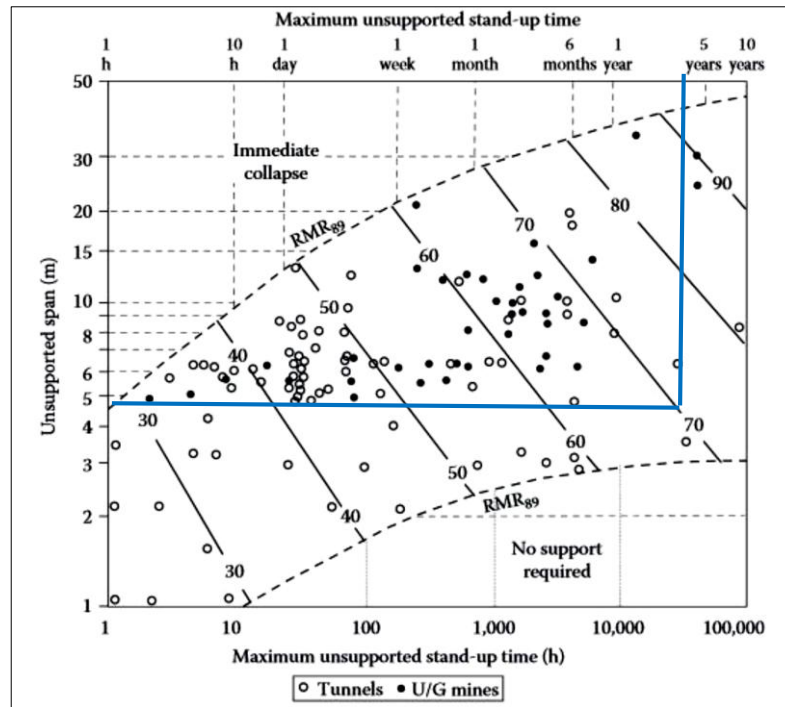




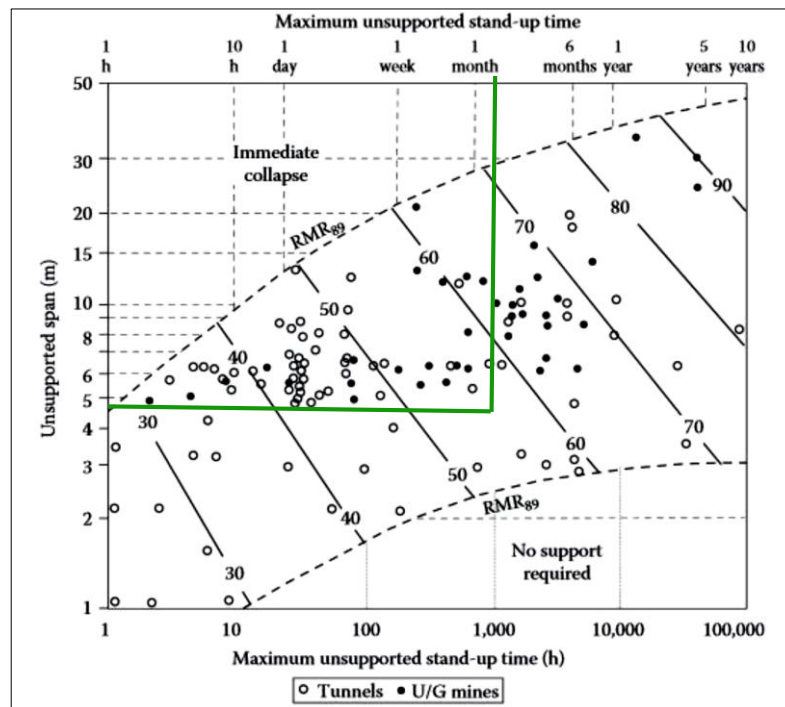
**Anexo 07 – B**  
**Tiempo de Autosostenimiento**  
**Rampa (Sección 4.5 x 4.5 m)**

---

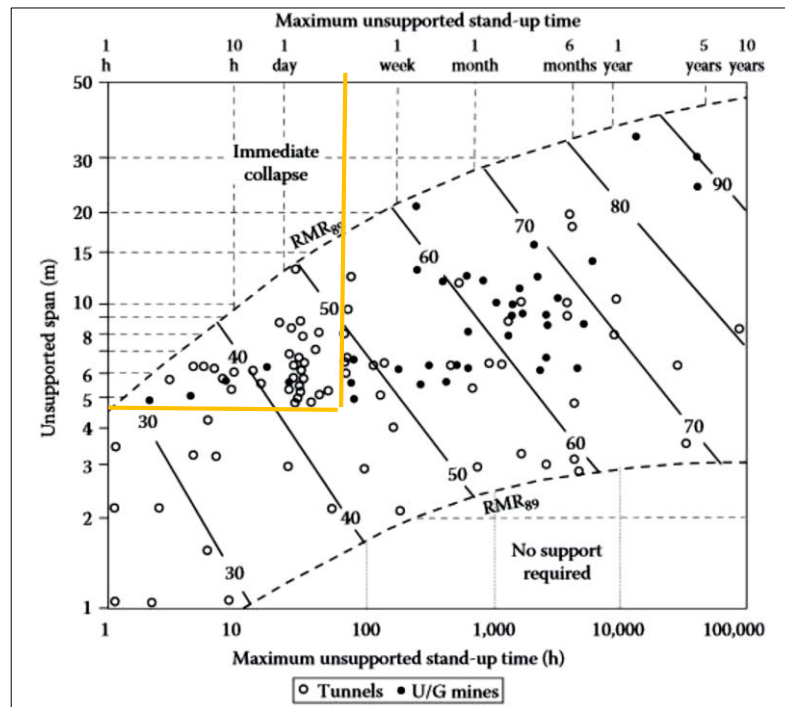
**Figura 7.4: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 7.5: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



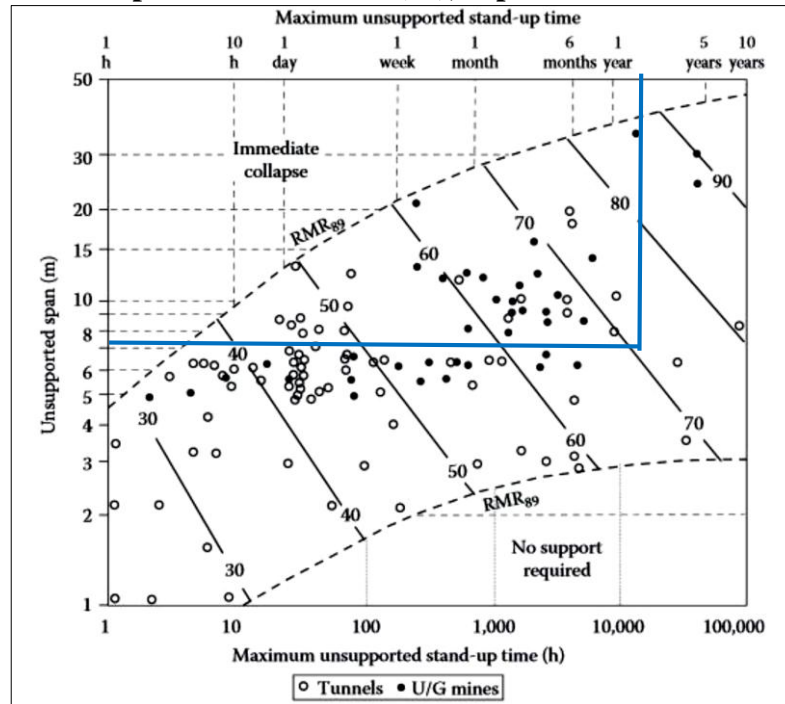
**Figura 7.6: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**



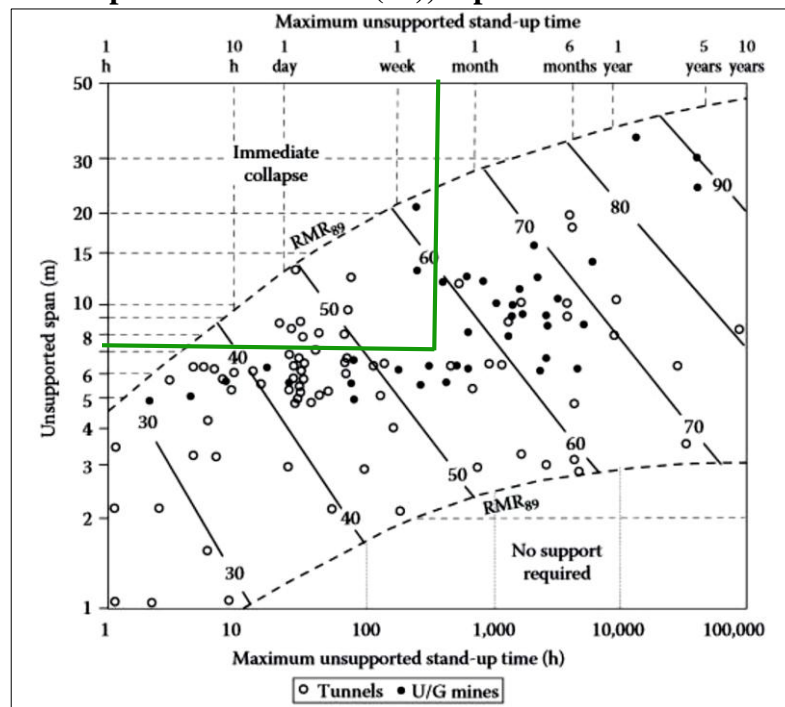
**Anexo 07 – C**  
**Tiempo de Autosostenimiento**  
**Cámara de Perforación Diamantina**  
**(Sección 7.0 x 7.0 m)**

---

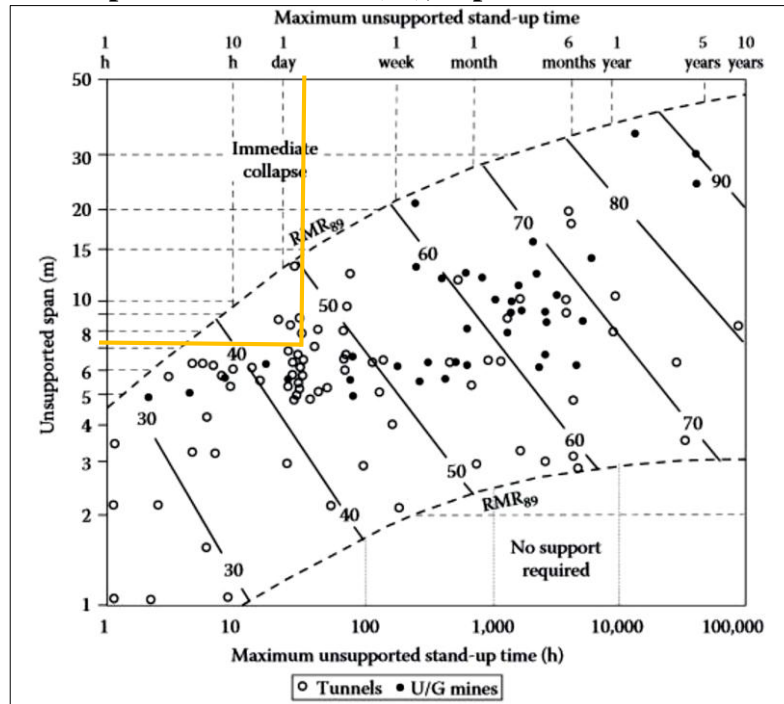
**Figura 7.7: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 7.8: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 7.9: Grafico de tiempo de autosostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**



## **Anexo 08. – Tipo de Sostenimiento**

---

**Anexo 08 – A**  
**Tipo de Sostenimiento**  
**Cortada de Exploración (Sección 3.5 x 3.5 m)**



Figura 8.1: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.

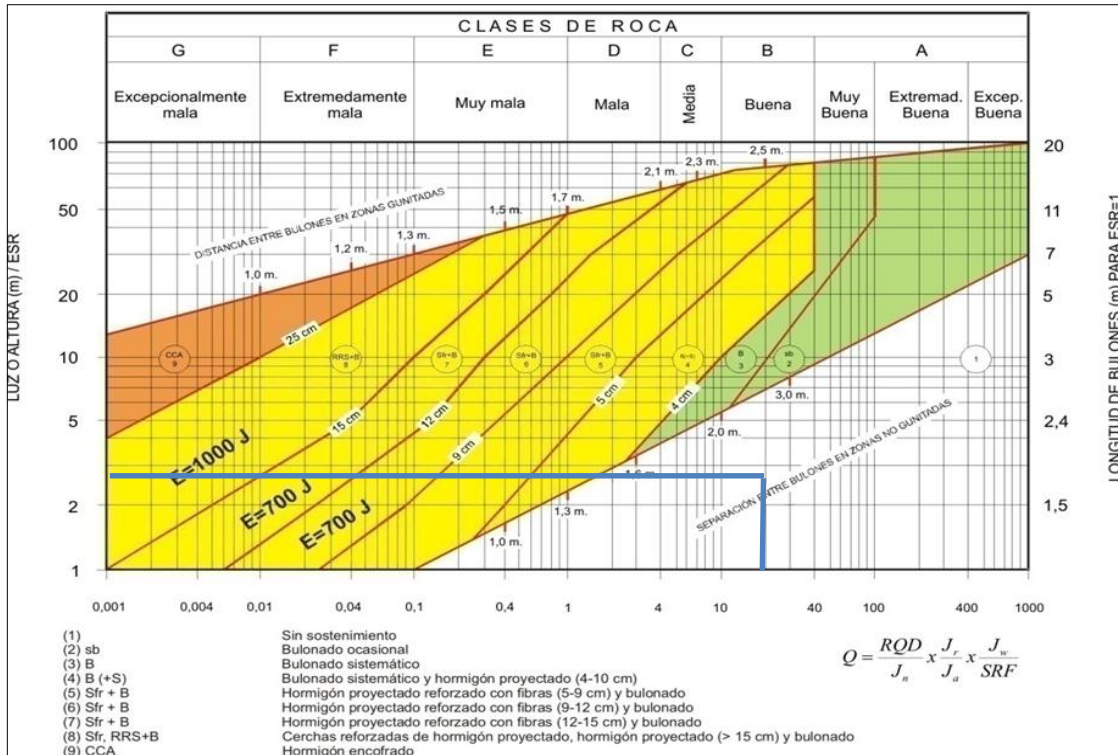


Figura 8.2: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.

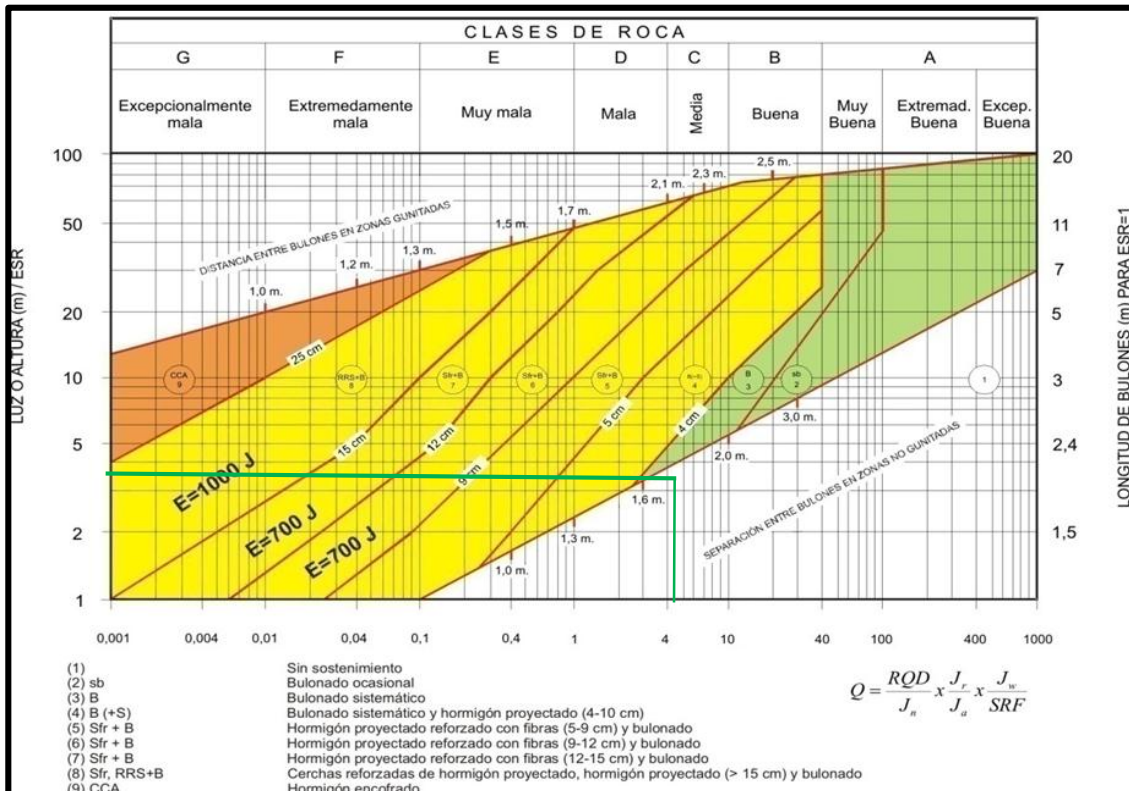
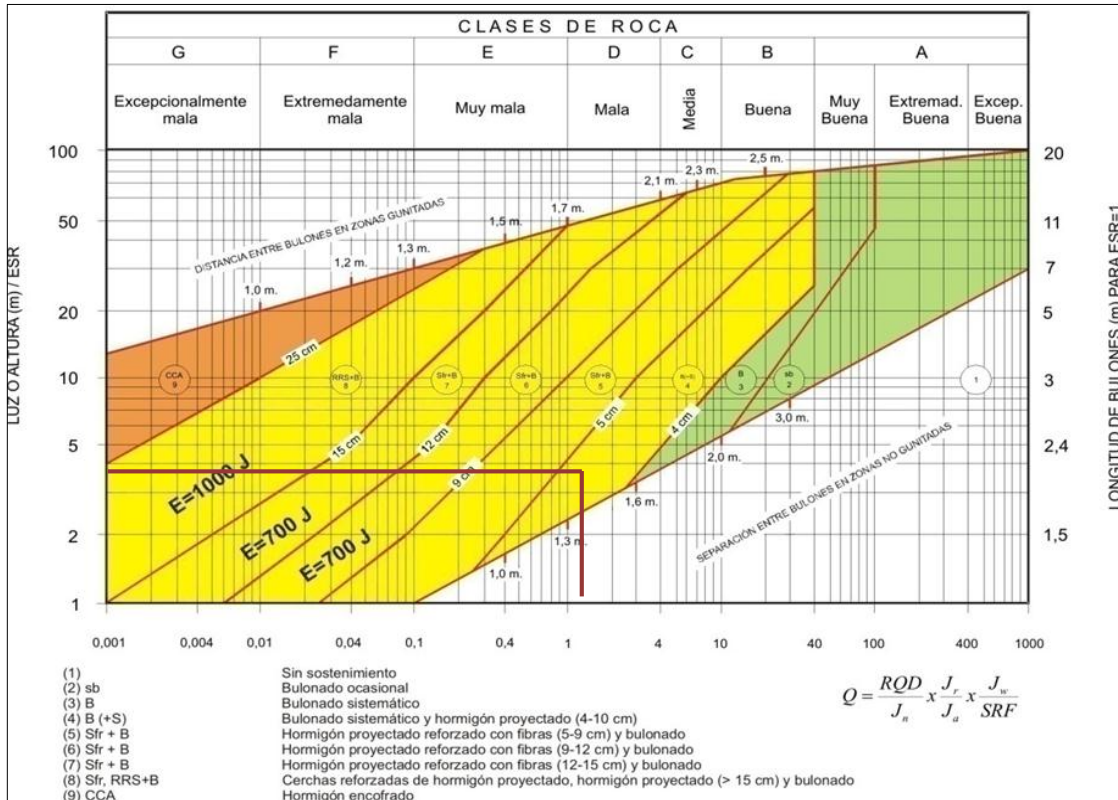


Figura 8.3: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.



**Anexo 08 – B**  
**Tipo de Sostenimiento**  
**Rampa (Sección 4.5 x 4.5 m)**

---

Figura 8.4: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.

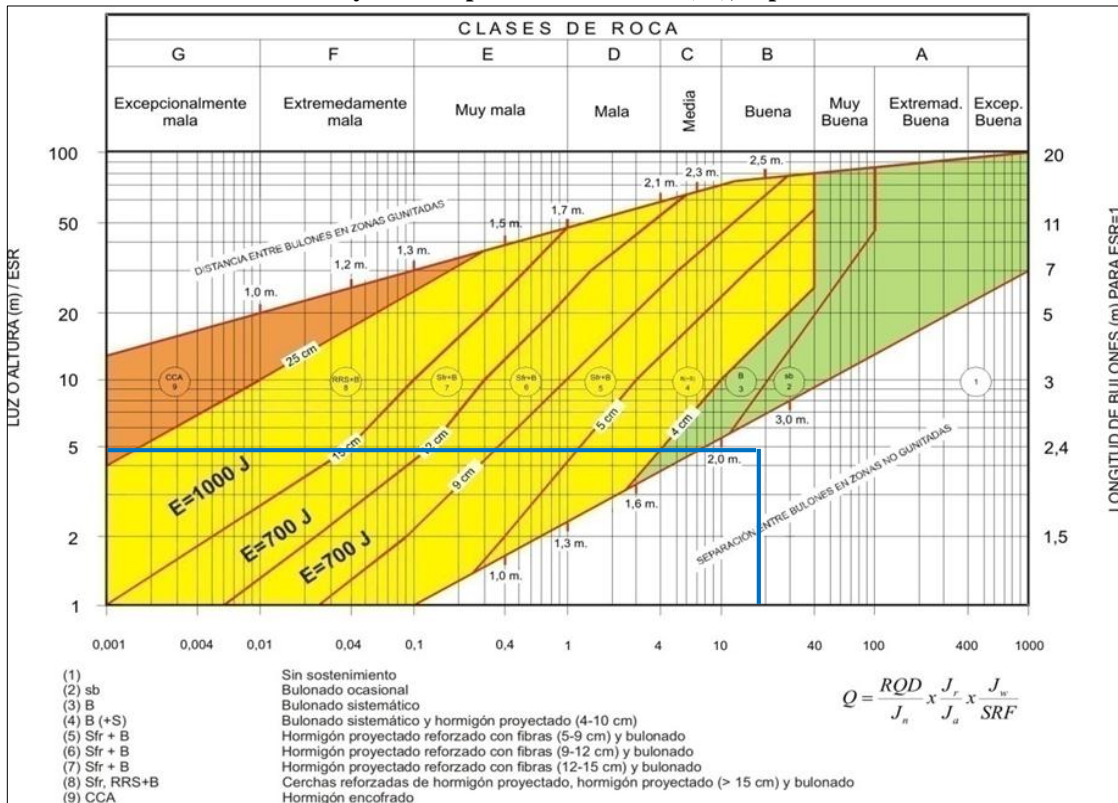


Figura 8.5: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.

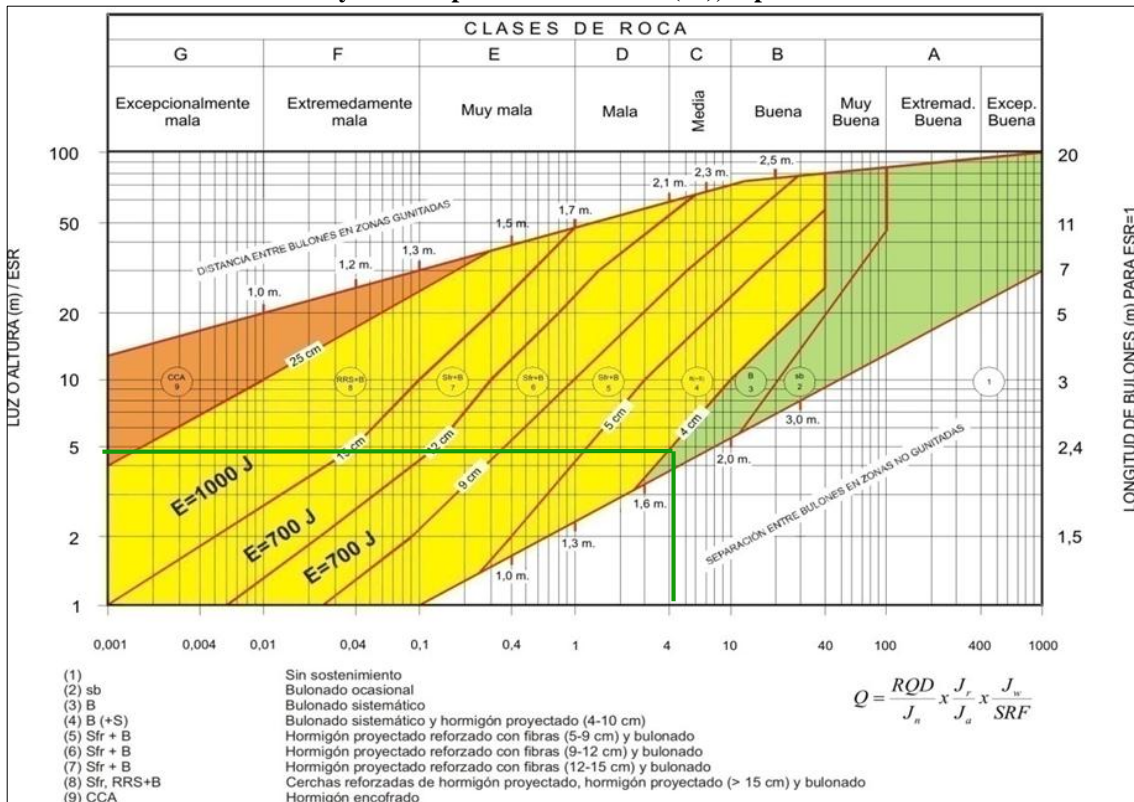
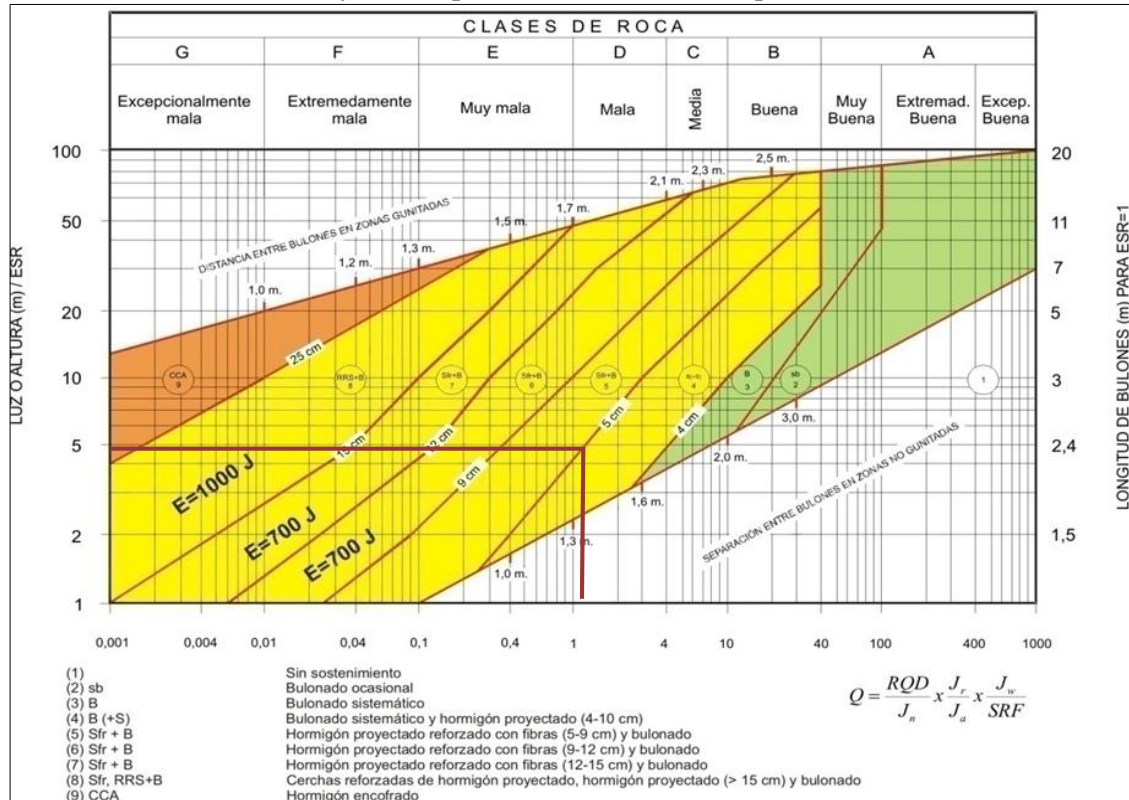


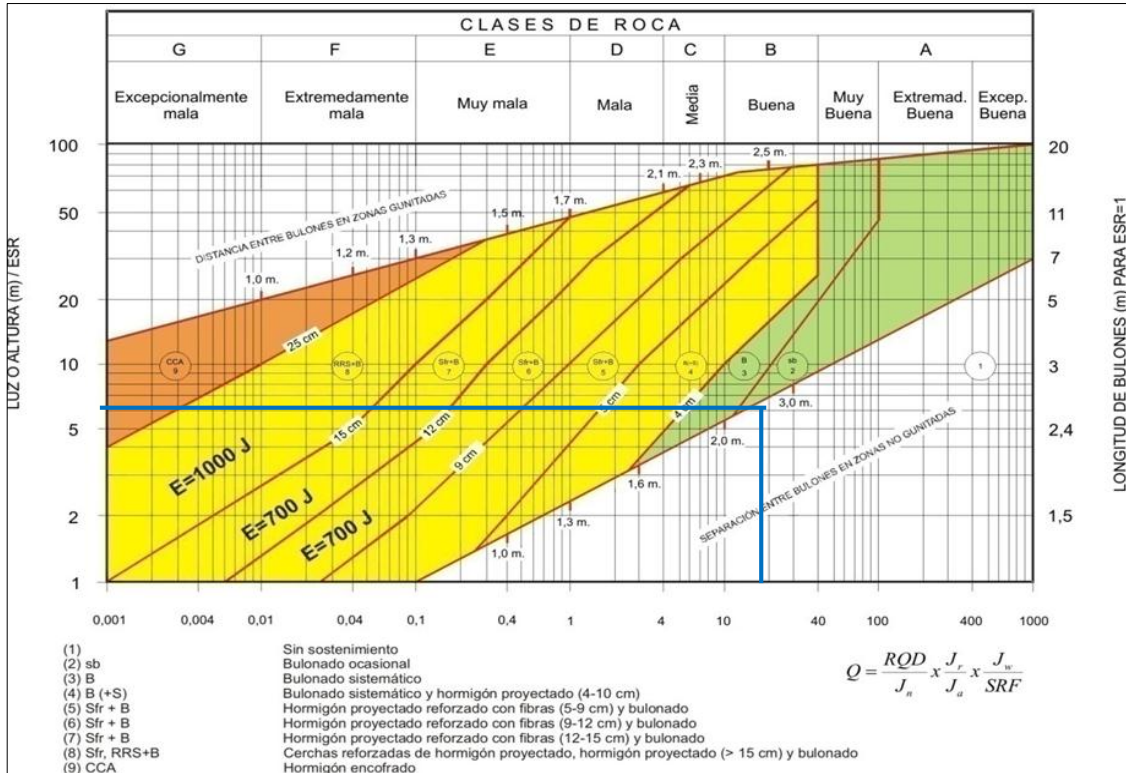
Figura 8.6: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.



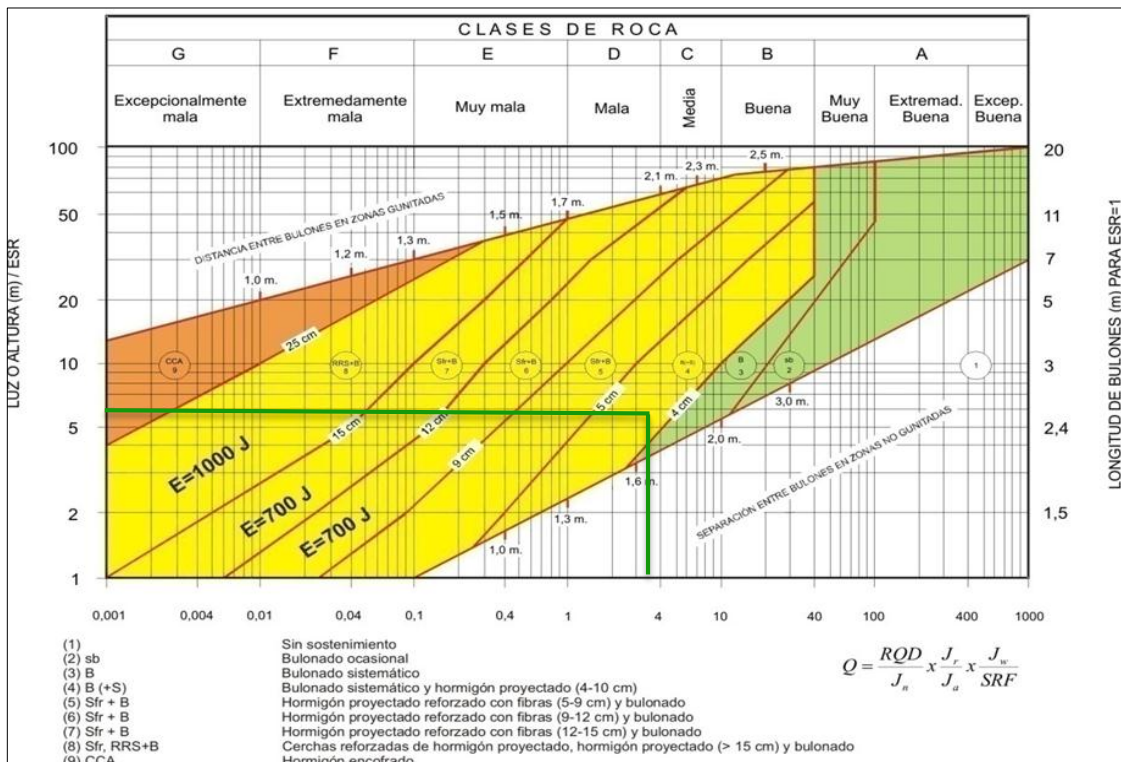
**Anexo 08 – C**  
**Tipo de Sostenimiento**  
**Cámara de Perforación Diamantina**  
**(Sección 7.0 x 7.0 m)**

---

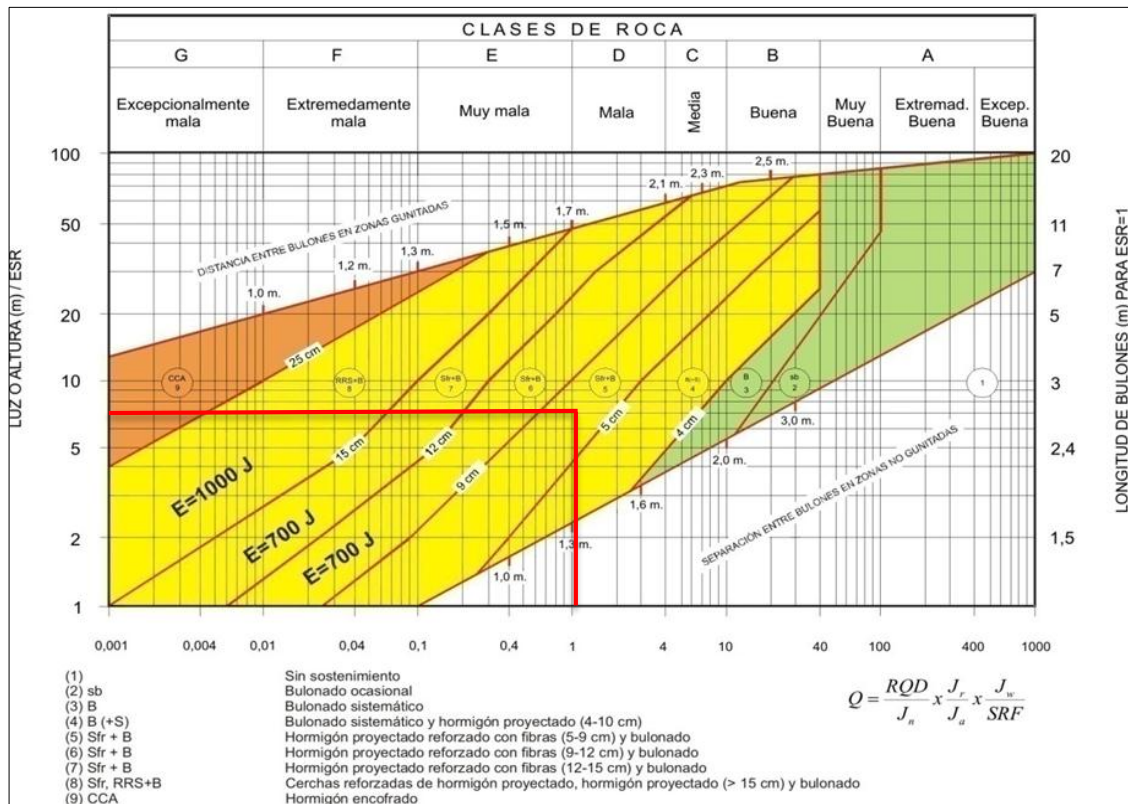
**Figura 8.7: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 8.8: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 8.9: Grafico de tipo de sostenimiento considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**



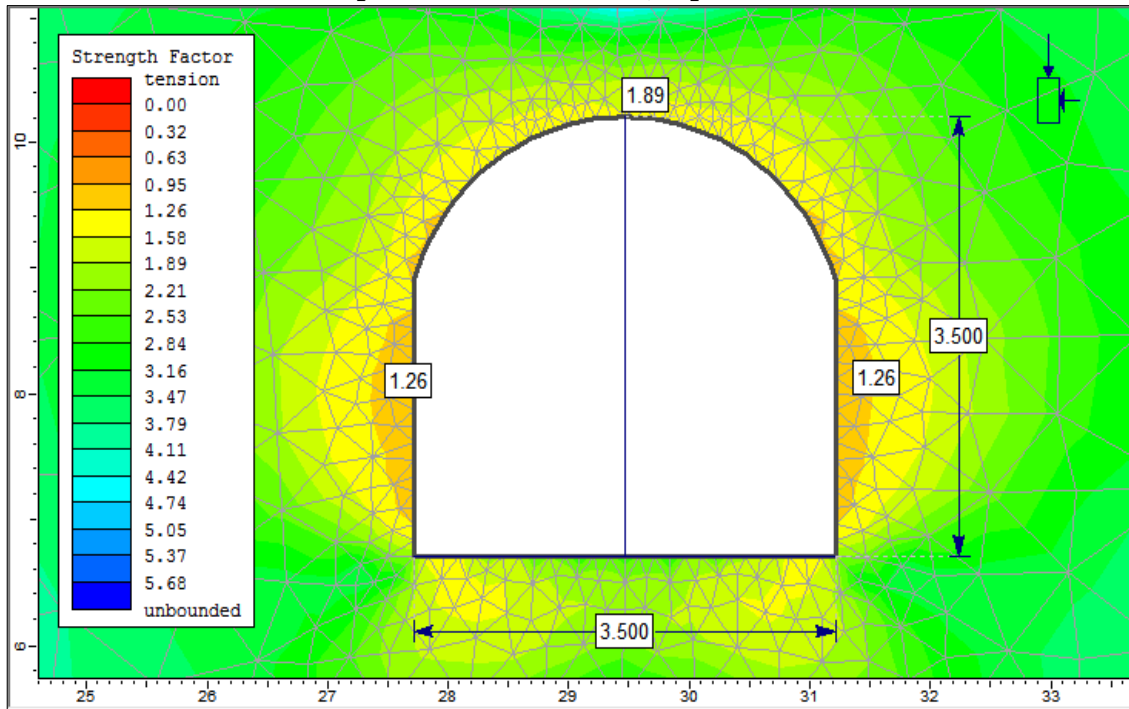


## **Anexo 09. – Análisis Esfuerzo-Deformación**

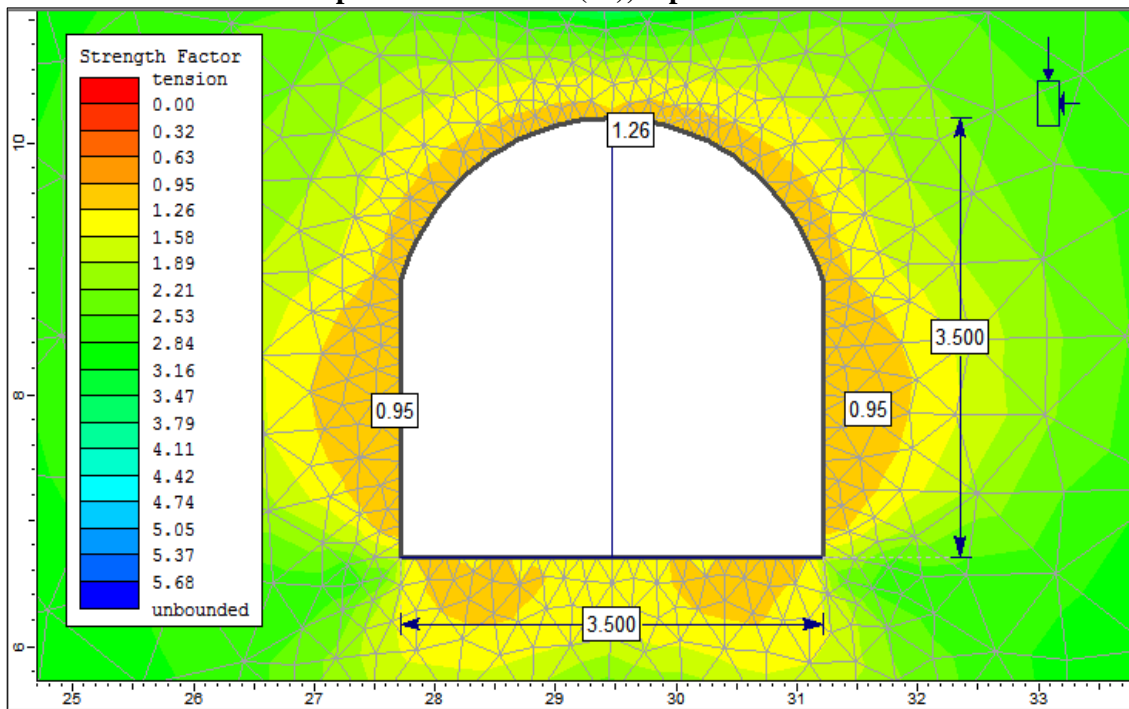
---

**Anexo 09 – A**  
**Análisis Esfuerzo-Deformación**  
**Cortada de Exploración (Sección 3.5 x 3.5 m)**

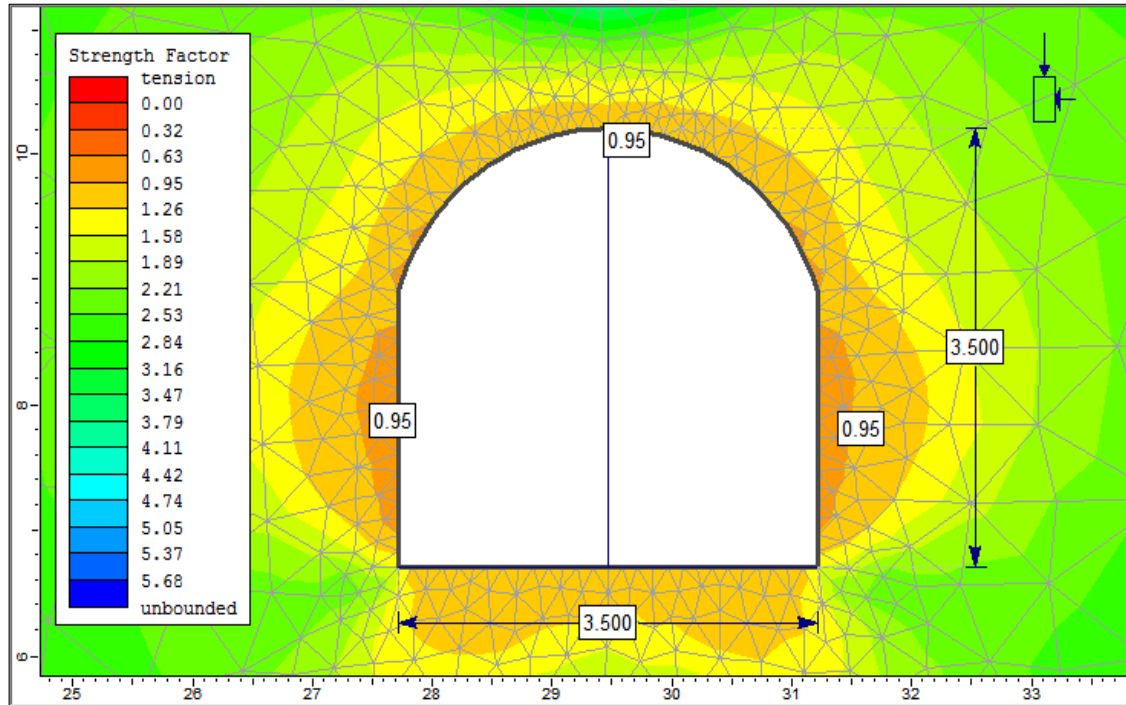
**Figura 9.1: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 9.2: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



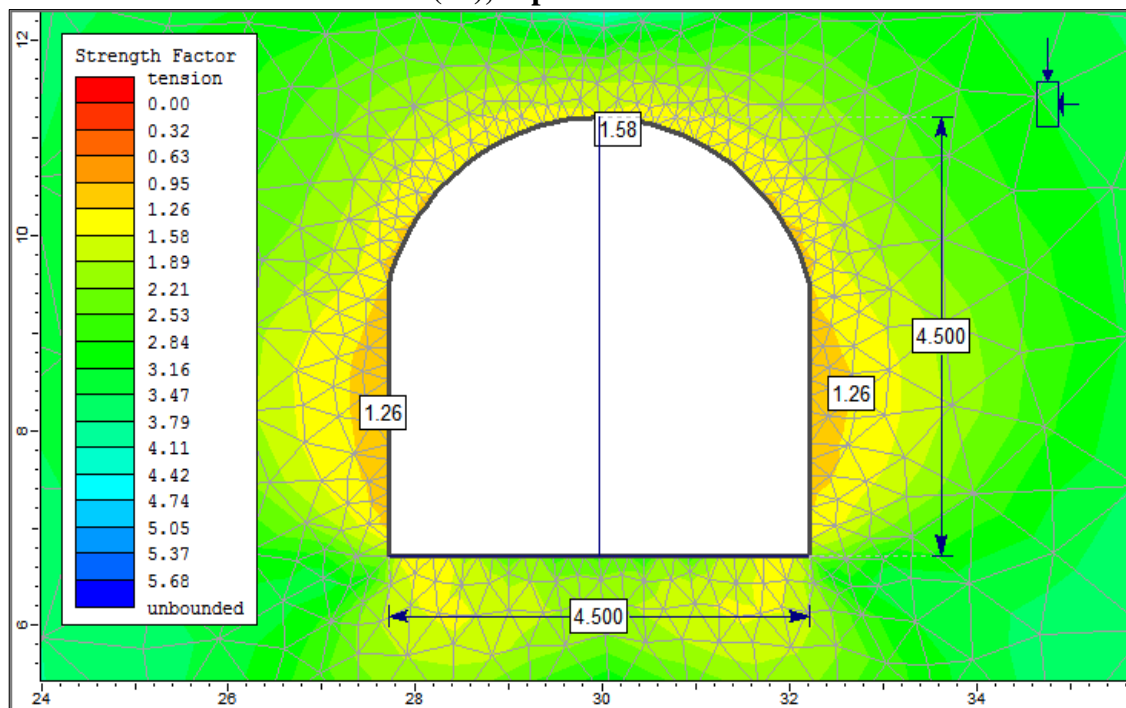
**Figura 9.3: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 3.5 x 3.5 m de una cortada de exploración en el Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**



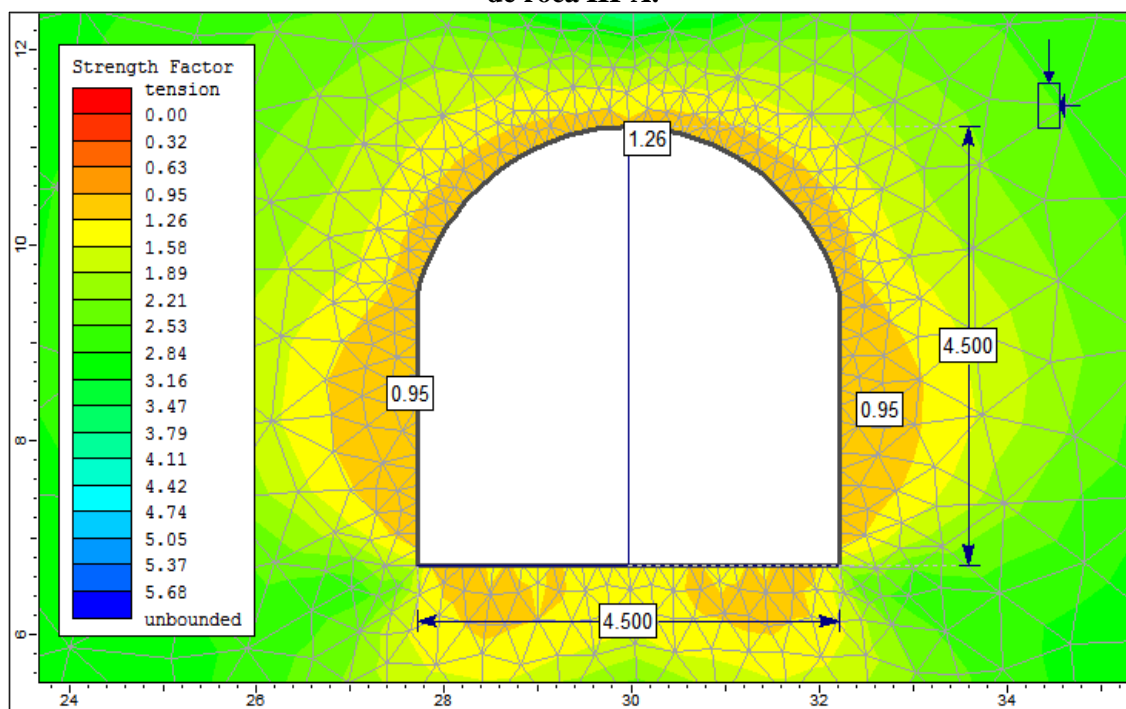
**Anexo 09 – B**  
**Análisis Esfuerzo-Deformación**  
**Rampa (Sección 4.5 x 4.5 m)**

---

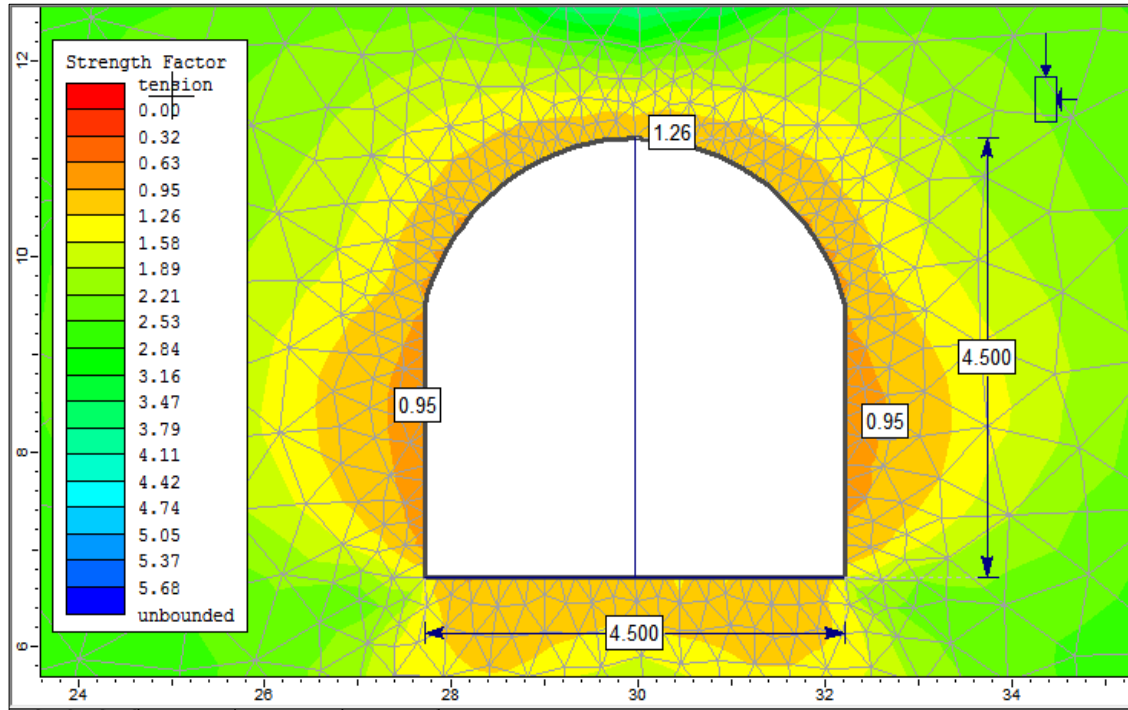
**Figura 9.4: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II.**



**Figura 9.5: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 9.6: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 4.5 x 4.5 m de la Rampa San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**

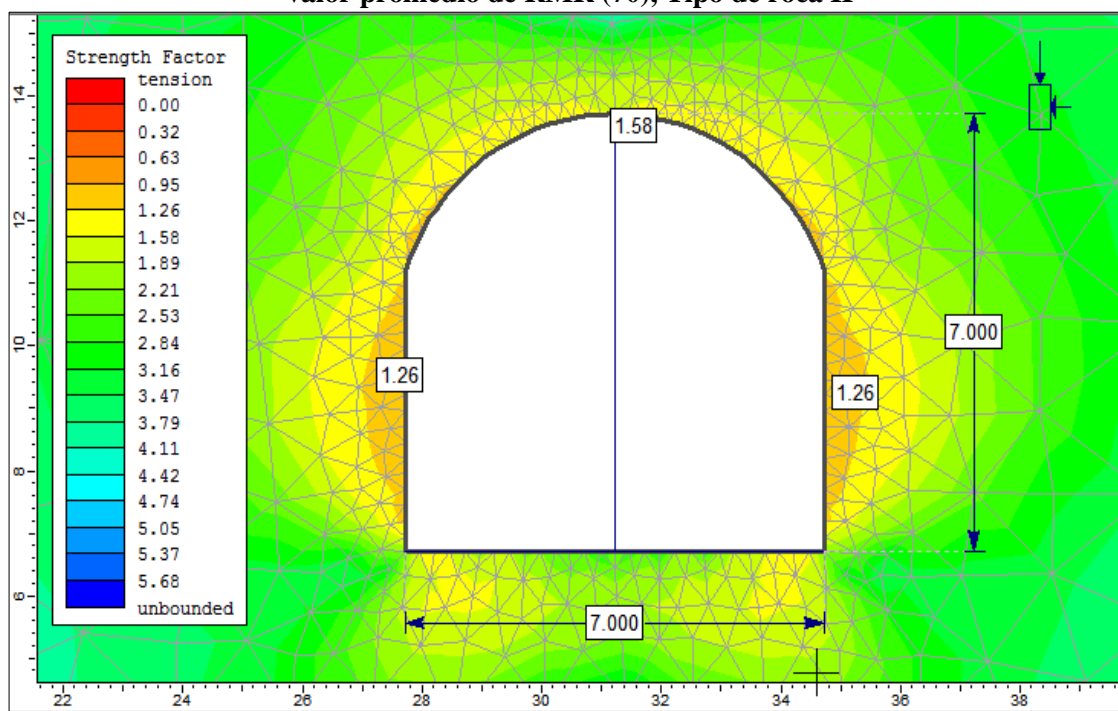


**Anexo 09 – C**  
**Análisis Esfuerzo-Deformación**  
**Cámara de Perforación Diamantina**  
**(Sección 7.0 x 7.0 m)**

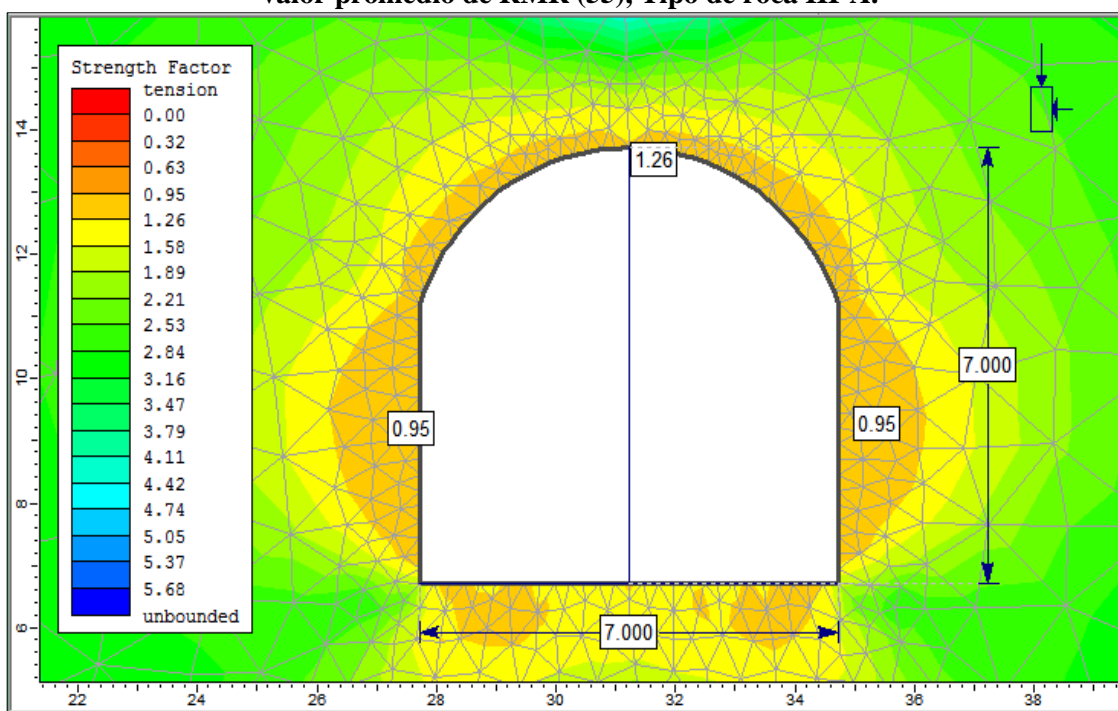
---



**Figura 9.7: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (70), Tipo de roca II**



**Figura 9.8: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (55), Tipo de roca III-A.**



**Figura 9.9: Análisis Esfuerzo Deformación (factores de seguridad) considerando las dimensiones 7.0 x 7.0 m de Cámara de Perforación Diamantina Proyecto San Gabriel y el valor promedio de RMR (45), Tipo de roca III-B.**

